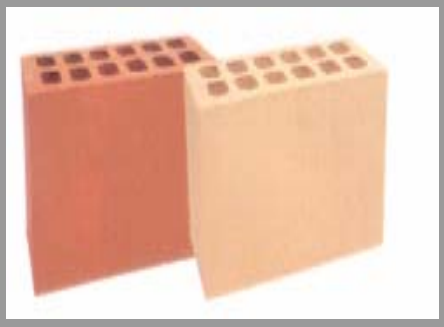
Materiais de Construção

PRODUTOS CERÂMICOS

NOTA: O capitulo 6 é PROVISÓRIO e NÃO está REVISTO



série MATERIAIS

joão guerra martins

antónio paredes da silva

2.ª edição / 2004

Apresentação

Este texto resulta inicialmente do trabalho de aplicação realizado pelos alunos da disciplina de Materiais de Construção I do curso de Engenharia Civil, sendo baseado no esforço daqueles que frequentaram a disciplina no ano lectivo de 1999/2000, vindo a ser anualmente melhorado e actualizado pelos cursos seguintes.

No final do processo de pesquisa e compilação, o presente documento acaba por ser, genericamente, o repositório da Monografia do Eng.º António Paredes da Silva que, partindo do trabalho acima identificado, o reviu totalmente, reorganizando, contraindo e aumentando em função dos muitos acertos que o mesmo carecia.

Pretende, contudo, o seu teor evoluir permanentemente, no sentido de responder quer à especificidade dos cursos da UFP, como contrair-se ainda mais ao que se julga pertinente e alargar-se ao que se pensa omitido.

Esta sebenta insere-se num conjunto que perfaz o total do programa da disciplina, existindo uma por cada um dos temas base do mesmo, ou seja:

I. **Metais**
II. **Pedras naturais**
III. **Ligantes**
IV. **Argamassas**
V. **Betões**
VI. **Aglomerados**
VII. **Produtos cerâmicos**
VIII. **Madeiras**
IX. **Derivados de Madeira**
X. **Vidros**
XI. **Plásticos**
XII. **Tintas e vernizes**
XIII. **Colas e mastiques**

Embora o texto tenha sido revisto, esta versão não é considerada definitiva, sendo de supor a existência de erros e imprecisões. Conta-se não só com uma crítica atenta, como com todos os contributos técnicos que possam ser endereçados. Ambos se aceitam e agradecem.

João Guerra Martins

ÍNDICE DE TEXTO

I – BREVE REFLEXÃO SOBRE A CERÂMICA E A SUA HISTÓRIA 1

1.1. Generalidades 1

1.2. A História da Cerâmica 2

II – NATUREZA, CLASSIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA CERÂMICA 6

2.1. Tipo de depósitos de argilas 7

2.2. Tipos de Argilas 7

2.2.1. Argilas Puras 8

2.2.2. Argilas Impuras 8

2.3. Propriedades das Argilas 10

2.3.1. Plasticidade 10

2.3.2. Contracção 11

2.3.3, Efeitos do calor sobre as argilas 12

2.4. Classificação dos Materiais Cerâmicos 15

2.4.1. Cerâmica Vermelha 15

2.4.3. Cerâmica branca 15

2.4.4. Cerâmica refractária 16

2.4.5. Cerâmica de alta tecnologia/cerâmica avançada 16

2.4.6. Abrasivos 17

2.5. Caracterização dos seus constituintes 17

2.6.1. Absorção de água 18

2.6.2. Resistência mecânica 18

2.6.3. Resistência à fractura e à fadiga 19

2.6.4. Resistência térmica e química 19

2.7. Factores de desagregação dos cerâmicos 20

2.8. Fabricação de Materiais Cerâmicos 21

2.8.1. Preparação das matérias-primas 22

2.8.2. Conformação / Moldagem 24

2.8.3. Processamento Térmico 26

2.9. Controlo de qualidade 30

2.10. Classificação 32

III – REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM PARAMENTOS VERTICAIS 34

3.1. Exigências a satisfazer nos revestimentos cerâmicos 34

3.1.1. Resistência Mecânica e Estabilidade 35

3.1.2. A acção da temperatura (esforços higrotérmicos) 36

3.1.3. A acção da humidade 38

3.2. Segurança em caso de incêndio 40

3.3. Higiene, Saúde e Ambiente 41

3.4. Segurança na Utilização 41

3.5. Protecção contra o Ruído 42

3.6. Economia de Energia e Isolamento Térmico 43

IV – PATOLOGIA DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM PARAMENTOS VERTICAIS 45

4.1. Descolamento e Empolamento 45

4.1.1. Causas dos descolamentos localizados 45

4.1.2. Causas do descolamento generalizado (descolamento com empolamento) 46

4.1.3. Outras causas que contribuem para os descolamento dos revestimentos cerâmicos em paredes 48

4.1.4. Principais consequências do descolamento 48

4.2. Fissuração **49**

4.3. Eflorescências **52**

V – SOLUÇÕES **57**

5.1. Compatibilidade do Suporte **57**

5.2. Acções para se evitar ou diminuir o efeito e o empolamento **58**

5.3. Acções para evitar ou diminuir o efeito de fissuração **59**

5.4. Técnicas de diagnóstico **62**

CONCLUSÕES ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

BIBLIOGRAFIA **151**

Índice de Figuras

Fig. 1 - Mapa das zonas de fabrico em Portugal Continental [2]. 4

Fig. 2 - Características do fenómeno de secagem em argila húmida [14]. 10

Fig. 3 - Curva de queima teórica e real de grés vermelho [14]. 13

Fig. 4 - Etapas fundamentais do processamento de materiais cerâmicos. 22

Fig. 5 - Fenómenos de contracção durante a queima do azulejo [14]. 23

Fig. 6 – Fluxograma do processo de fabrico pela Via Seca (Presagem) [2]. 28

Fig. 7 - Deslocamento localizado com início no cunhal, eventualmente devido à entrada de água ou à expansão transversal da aresta [2]. 46

Fig. 8 - Deslocamento com empolamento grave, indiciando elevados valores de expansão irreversível e juntas demasiado fechadas e/ou rígidas [2]. 47

Fig. 9 - Deslocamento com empolamento grave, indiciando elevados valores de expansão irreversível em cunhal de edificação [2]. 49

Fig. 10 - Fissura do suporte (reboco espesso) na transição entre a estrutura e a alvenaria, afectando o revestimento [2]. 50

Fig. 11 - Fachada muito exposta à intempérie e muito degradada com fissuração, entrada de água e posterior queda de revestimento [2]. 50

Fig. 12 - Fissuração acentuada devido à deformação da viga de grande vão, com descolamento do azulejo [2]. 50

Fig. 13 - Fissura que acompanha o desenho das juntas (não alinhadas) do azulejo, evidenciando descolagem num dos bordos da fissura [2]. 50

Fig. 14 - Junta de dilatação estrutural com funcionamento não eficaz para o revestimento [2]. 51

Fig. 15 - Fissuração e empolamento em panos de grande dimensão sem juntas de esquartelamento [2]. 51

Fig. 16 - Fissuras em parede de vários andares sobre consola, apesar da sua aparente rigidez [2]. 51

Fig. 17 - Fissuração sobre parede deformada devido aos movimentos da estrutura, acentuada pela sujidade acumulada na fissura [2]. 51

Fig. 18 – Empolamento e destaque de placagem cerâmica [2]. 51

Fig. 19 – Empolamento, fissuração e destaque de placagem cerâmica [2]. 51

Fig. 20 – Eflorescência caracterizada por corrimento de água com sais dissolvidos [2]. 53

Fig. 21 - Eflorescência em zona localizada que constitui caminho de escorrência priviligeado da água da chuva [2]. 55

Fig. 22 - Refluxo de sais pelas juntas de azulejo em edifício antigo, devido a humidades ascensionais do terreno [2]. 55

Fig. 23 - Eflorescência grave embora comum em placagens cerâmicas, ou mesmo em paredes exteriores de tijolo cerâmico maciço [2] 56

Fig. 24 – Juntas de dilatação [6]. 61

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Controlo de recepção de matérias-primas [2] 30
Tabela 2 - Controlo em fase de processo [2].....31
Tabela 3 - Controlo do produto final [2]. 32
Tabela 4 - Classificação ISO dos ladrilhos cerâmicos [7].....32
Tabela 5 - Definição de paramentos verticais em revestimentos cerâmicos [2]. 35
Tabela 6 – Valores do coeficiente de absorção da radiação solar αs de superfície em função da cor [2].....37
Tabela 7 -Valores máximos da radiação global s/ superfícies exteriores em Portugal Continental-[w/m2] [2]. 38
Tabela 8 – Classificação de higrometria em edifícios [2]. 39
Tabela 9 - Valores de expansão de revestimentos com humidade [2]. 40
Tabela 10 - Níveis de qualidade térmica da envolvente opaca dos edifícios [2]. 44
Tabela 11 - Patologias mais correntes em paramentos revestidos [9]. 52
Tabela 12 - Eflorescências mais comuns nos materiais de construção e sua origem mais provável [10]. 54
Tabela 13 – Espessuras recomendadas para juntas entre ladrilhos fixos por colagem [2]. 61
Tabela 14 – Condições para satisfazer paramentos (exter. / inter.) com sistemas de colagem [6].....62

I – BREVE REFLEXÃO SOBRE A CERÂMICA E A SUA HISTÓRIA

1.1. GENERALIDADES

A indústria da construção engloba áreas como os edifícios comerciais, residenciais, vias de comunicação, pontes, sistemas de água e esgoto, etc.

Em muitos destes segmentos, característicos da engenharia civil, surgem os materiais cerâmicos como elementos essenciais no fabrico das respectivas e específicas obras. Produtos como a cerâmica de pavimentos, de paredes, de coberturas, de colectores de saneamento, são peças basilares de um edifício no mundo da construção.

Na certeza de um bom exemplo de um produto cerâmico, tão actual quanto tradicional, temos o popular tijolo de barro. Este componente fundamental e, porque não, ancestral, é usado para construir casas de habitação e edifícios, devido à sua resistência, durabilidade e mesmo beleza (de facto, o emprego deste componente não é meramente limitado ao enchimento de paredes, sendo o seu uso também comum em fachadas exteriores, designadamente). É dos únicos produtos de construção que não arde, derrete, amolga, descasca, apodrece, enferruja ou é comido pelas térmitas. Pode ser fabricado em aproximadamente 10.000 diferentes cores, texturas, tamanhos e formas.

Não querendo cometer injustiças relativas, recordemos a não menos conhecida telha cerâmica, tão usada em nas coberturas de todo o planeta. É, também, um material com grande durabilidade, baixo preço, que suporta as mais severas condições climatéricas e que adiciona beleza em qualquer aplicação.

Mas o recurso à cerâmica não é um exclusivo da construção civil. Se uma importante invenção, que modificou a vida da humanidade, foi a lâmpada de luz incandescente, em 1879, também não é menos verdade que desde então a tecnologia da iluminação tem vindo a utilizar a cerâmica profusamente. A sua contribuição tem sido caracterizada pela invenção de métodos para o aumento da luminosidade e da eficiência das fontes de luz.

Mesmo a vasta e importantíssima indústria electrónica estaria muito condicionada se não existisse a cerâmica. Esta tem um vasto leque de propriedades electrónicas, tais como as de isolamento, semicondutores, super condutores, piezo-electrónica e magnéticas. Há inclusive produtos para os quais a cerâmica é uma matéria crítica: componentes electrónicos individuais e circuitos integrados complexos, com multicomponentes, têm sido fabricados de cerâmicas.

1.2. A HISTÓRIA DA CERÂMICA

A indústria cerâmica é das mais antigas. Os materiais cerâmicos foram utilizados pela humanidade desde os mais longínquos tempos da sua existência. Contribuindo, certamente, para isso a sua facilidade de fabricação e a existência de matéria prima em abundância.

A palavra "CERÂMICA" deriva do termo grego “KERAMIKE”, ainda derivação de “KERAMOS” que significa argila.

Cerâmica é o conjunto de actividades destinadas à elaboração de toda a espécie de objectos, como barros de qualquer classe, decorados ou não. Utiliza-se a propriedade, que possui a argila, de se moldar facilmente no estado de barro cru (húmido), adquirindo dureza à medida que avança a sua secagem ou por efeito da cozedura [12].

Conhece-se a sua existência praticamente desde a do próprio Homem, passando pelos tijolos da Babilónia (1900 A. C.) até aos nossos dias. Desde sempre que os materiais cerâmicos foram de grande utilidade para o homem.

Foi durante o Neolítico, fase do desenvolvimento técnico das sociedades humanas a que corresponde o seu acesso a uma economia produtiva, que a cerâmica foi inventada. Este período, caracterizado pelo desenvolvimento de novas técnicas, tem, no entanto, como factor de primordial importância o estabelecimento de novas relações entre o homem e o meio natural, decorrentes da descoberta de meios de controlar e desenvolver os recursos para a sua sedentarização: o fabrico da cerâmica terá sido um dos mais importantes.

Contudo, a consideração que a cerâmica era uma característica deste período é discutível. O reconhecimento de um Neolítico pré-cerâmico no Próximo Oriente (Jericó) e as descobertas de vasos cerâmicos, em grupos nómadas, datados de cerca de *6000* A.C., no Japão, obriga-nos a considerar a existência de duas fases:

1. A pré-cerâmica, entre o fim do VIII milénio A.C. e o princípio do VI;

2. E a cerâmica, a seguir a esta data e que se prolongou até à idade do Bronze.

Era no Sudoeste da Ásia (Irão, Palestina e Sul da Turquia) que se davam espontaneamente o trigo e a cevada, bem como existia o gado bovino e caprino, no estado selvagem, que permitiram a revolução acima referenciada (passagem a uma economia de produção). Não sendo, pois, de estranhar que o desenvolvimento inicial da cerâmica se tenha dado no Próximo Oriente, visto ter sido aí que se verificou a necessidade de armazenar os alimentos recolhidos da agricultura, de casas para abrigar uma população crescente, de símbolos que satisfizessem as necessidades espirituais e fornos que transformassem a farinha do trigo em pão. Tudo isto terá levado à construção de vasos, tijolos, estatuetas e elementos decorativos em argila.

Quanto a Portugal há que referir que houve um primeiro período em que se manifestaram as influências Europeia e Mediterrânea para o aparecimento e desenvolvimento desta arte, através dos "invasores" no primeiro caso e dos “mercadores” no segundo.

Os revestimentos cerâmicos que se desenvolveram em Portugal, como uma das mais antigas tradições, foram os revestimentos de paredes interiores, complementados pelas fachadas exteriores e influenciando a arquitectura portuguesa, civil e religiosa. Também o aparecimento de um tipo específico de cerâmica proveniente de uma cultura situada no Vale do Tejo, veio a posteriormente espalhar-se por toda a Europa: a cerâmica campaniforme.

À existência de uma cerâmica típica (cerâmica ibérica), ao tempo da chegada dos Romanos, mistura-se a influência destes e, mais tarde, a dos Árabes, para o futuro desenvolvimento da

olaria. Não é alheia a esta interferência, a presença de vários tipos regionais de cerâmica durante na Idade Média, alguns dos quais perduram até ao presente. O grande desenvolvimento verificado nos últimos séculos XVII e XVIII, especialmente neste último, devido à existência de ceramistas de vulto como Brioso e Vandelli, bem como a fundação de Fábrica do Rato, esteve na base do aparecimento de outras fábricas importantes por todo o território.

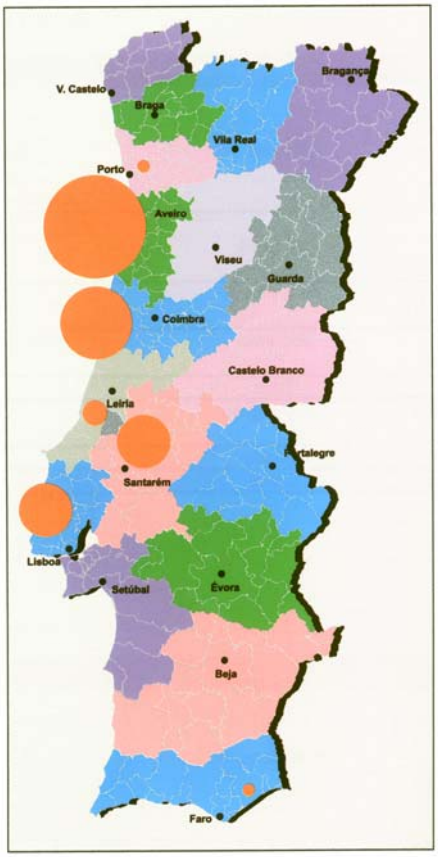


Fig. 1 - Mapa das zonas de fabrico em Portugal Continental [2].

O aparecimento no século XIX da porcelana (Vista Alegre) e da faiança fina (Sacavém), em parte como reacção à invasão do nosso mercado por produtos ingleses, melhores e mais baratos, porque fabricados pelos novos processos saídos da Revolução Industrial, conduziram ao aumento do número de fábricas verificado nos fins do século XIX e primeiras décadas do século XX. Porém, verificou-se o seu decréscimo nas décadas seguintes, como consequência da concentração industrial que era apanágio da "grande indústria" nascente, processo a que a

cerâmica não ficou alheia.

Os materiais cerâmicos de revestimento continuam a ser uma componente importante na nossa identidade cultural, constituindo um elevado património em Portugal. A produção dos produtos cerâmicos tem tido um crescimento constante anual de 4 a 5% ao ano e cuja distribuição da produção se concentra na faixa litoral, consequência da disponibilidade das matérias-primas.

II – NATUREZA, CLASSIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA CERÂMICA

Os materiais cerâmicos são inorgânicos, não metálicos, formados por elementos metálicos e não metálicos, ligados entre si, obtidos após tratamento térmico em temperaturas elevadas, geralmente.

Em geral são materiais duros e frágeis, com pouca tenacidade, muito baixa ductilidade e bons isolantes térmicos e eléctricos. Têm geralmente pontos de fusão relativamente altos e grande estabilidade química em muitos ambientes hostis. A base dos produtos cerâmicos é a argila, fundamentalmente sílicatos de alumina, muitas vezes associados a óxidos de ferro, e constituída principalmente por filossilicatos. Estas são caracterizados pelo seu grão fino (não detectável à vista desarmada e, por vezes, nem ao microscópio), pelo seu tacto terroso ou untoso, pela sua capacidade de se tornarem plásticas ao serem misturadas com água e pela sua resistência quando cozem e desidratam.

Os materiais cerâmicos são fabricados a partir de matérias-primas classificadas em naturais e sintéticas. As naturais mais utilizadas industrialmente são: argila, caulino, quartzo, feldspato, filito, talco, calcita, dolomita, magnesita, cromita, bauxito, grafita e zirconita. As sintéticas, incluem entre outras alumina (óxido de alumínio) sob diferentes formas (calcinada, eletrofundida), carbonato de silício e os mais diversos produtos químicos inorgânicos [13].

Do grupo dos minerais da argila, os mais importantes são: caulinite, ilite e a montmorilite. As ilites são os minerais componentes das rochas denominadas" ardósias ". A montmorilite é um mineral dominante na bentonite, uma cinza vulcânica alterada que pode aumentar várias vezes o seu volume quando imersa em água. A caulinite, caracterizada pela sua brancura de neve, forma-se a partir dos minerais de alumínio, principalmente os feldspatos. Um mecanismo de formação em grande escala de caulinite é a meteorização de maciços graníticos, a partir dos quais as partículas de caulino podem ser transportadas e recipitadas para darem potenciais leitos argilosos.

Também se gera caulino por circulação através das rochas ácidas de fluidos a alta temperatura que destabilizam os aluminossilicatos. O caulino é utilizado especialmente na confecção de alguns tipos de cerâmicos, como carga de papel, na indústria da borracha e como

material refractário.

2.1. TIPO DE DEPÓSITOS DE ARGILAS

As jazidas de argilas podem-se encontrar:

a) Na superfície das rochas, como resultado da decomposição superficial das mesmas;

b) Entaladas em veios e fendas de rochas;

c) Nas camadas sedimentares, por depósito dos ventos e das chuvas que as transportam.

Dependendo do tipo de depósito em que ocorre, temos dois tipos de argilas;

- Argilas residuais, quando o depósito é no mesmo sítio onde houve decomposição da pedra;
- Argilas sedimentares, quando o depósito se situa longe do local onde estava a pedra.

Pode-se ainda subdividir-se em dois grupos as argilas sedimentares, consoante a forma de transportada a que esteve sujeita:

- estratificada, se transportada por água, que também se chama folhedo (plástico ou duro);
- porosa, se transportada por vento, também chamada de loess.

Em linguagem comum, chama-se barreira ao depósito natural de argila. Para a sua exploração deverá ser limpa da camada superficial, com grande quantidade de matéria orgânica, de forma a retirar-se a argila aproveitáv*el para a indústria cerâmica, necessariamente mais pura.

2.2. TIPOS DE ARGILAS

Com base na sua utilização, as argilas dividem-se em dois grupos:

- Argilas puras;
- Argilas impuras.

2.2.1. Argilas Puras

- Argilas de cor de cozimento branca:

  - Caulinos e argilas plásticas;
  - Argilas refractárias: caulino, argilas refractárias e argilas altamente aluminosas.

A argila mais pura é o caulino[1], isto é devido à existência na sua constituição de caulinite (esta é a forma mais pura de argilo-minerais). É este pó branco é a matéria-prima da porcelana.

As argilas refractárias, embora bastante puras, contêm algumas impurezas, que agindo como fundentes baixam o seu ponto de fusão. Para serem consideradas argilas estas só podem possuir 6% de impurezas. Por convenção internacional, as argilas refractárias são as que se deformam abaixo de 1520°C e "altamente refractárias" a 1785° C.

A caulinite seca é untosa ao tacto, quando humedecida é muito plástica e ao secar apresenta uma pequena fusibilidade, com a formação de algum vidro, o que confere a dureza dos cerâmicos.

2.2.2. Argilas Impuras

- Argilas para materiais estruturais:
  - Argilas fusíveis ou terra-cotas (também chamadas produtos de barro vermelho);
- Argilas para produtos de grés:
  - Argilas vitrificáveis.

Estas são argilas comuns contendo normalmente óxido de ferro, que misturados com a caulinite lhe conferem, após cozedura, as cores vermelha e amarelo (os denominados produtos de barro vermelho). Em ambos os casos o óxido de ferro baixa o ponto de fusão e reduz a

[1] $Al_2O_32SiO_220H_2$ - provém de "Kaolin", palavra chinesa.

refracteriedade destas argilas, que também lhe chamam argilas fusíveis ou terra-cota [3].

As argilas vitrificáveis contém uma maior percentagem de sílica[2] livre que as anteriores, o que lhes reduz a plasticidade e a refracteriedade, mas também diminuem a retracção e facilita a secagem. Embora diminuindo a resistência mecânica, ao fundir no cozimento, dá o vidrado endurecedor e permite originar produtos impermeáveis.

A existência de alumina livre nas argilas pode aumentar ou diminuir o seu ponto de fusão, conforme o tipo de alumina. Ela reduz a plasticidade e a resistência mecânica, mas também diminui as deformações. Os álcalis facilitam a secagem e o cozimento (baixando o ponto de fusão e dando porosidade), reduzem a plasticidade das argilas.

O cálcio age como fundente e clareia a cerâmica. Os sais solúveis dão eflorescências e a matéria orgânica toma a argila porosa, mas confere-lhe plasticidade. É esta matéria orgânica que dá a cor escura à argila antes do cozimento.

A água é o elemento que aparece com todas as argilas, integrando-se sob três formas:

- Água de constituição, ou absorvida, que faz parte da estrutura da molécula;
- Água de plasticidade, ou absorvida, que adere à superfície das partículas coloidais;
- Água de capilaridade, também chamada água livre ou de poros, que preenche os poros e vazios.

O sistema argila-água constituirá, provavelmente, o segredo das propriedades que tão somente se atribuem às argilas.

Também se podem classificar as argilas em gordas e magras, conforme a maior ou menor quantidade de colóides que possuam na sua composição. Assim, as argilas gordas são muito plásticas e, devido à alumina, deformam-se muito mais no cozimento. As argilas magras, devido ao excesso de sílica, são muito porosas e frágeis.

[2] Areia.

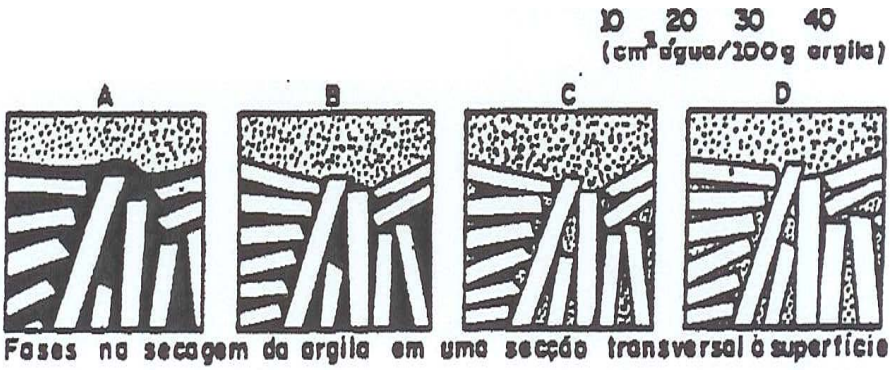


Fig. 2 - Características do fenómeno de secagem em argila húmida [14].

2.3. PROPRIEDADES DAS ARGILAS

Existe uma grande diversidade de argilas, de onde é possível obter-se produtos tão diversificados como os tijolos, a porcelana, etc. Existem contudo propriedades comuns a todas elas, tais como:

→ A plasticidade;

→ A contracção;

→ O efeito do calor.

2.3.1. Plasticidade

As argilas quando em presença de água podem ser comparadas ao que, de forma geral, se chama corpo plástico[3], tornam-se mais moldáveis, neste caso. Isto deve-se à estrutura laminar das argilas. A forma lamelar das partículas de argila permite a existência, entre duas lamelas, de uma película de água cujo o equilíbrio é facilmente quebrado com o aumento da espessura dessa película, podendo as lâminas de argila escorregar entre si.

À medida que se vai adicionando água, a uma argila, verificam-se duas fases:

1. A princípio ela desagrega-se facilmente e;
2. No fim ela torna-se pegajosa.

[3] Corpo Plástico – não possui limite de elasticidade.

O ponto em que se limitam estas duas fases chama-se ponto de maior plasticidade. A quantidade de água necessária para se alcançar este ponto, varia de argila para argila, podendo ser de 10 % para as argilas gordas e de 50 % para as argilas magras. A plasticidade depende, também, do tamanho, formato e comprimento dos grãos e dos outros materiais, além dos argilo-minerais que constituem as argilas.

Se a argila se encontrar muito profunda, na sua jazida, são menos plásticas, devido às grandes pressões a que estiveram sujeitas. Por vezes é necessário reduzir a plasticidade, sendo necessária a adição de correctivos - areias quartzosas ou argilas reduzidas a pó.

2.3.2. Contracção

Esta propriedade manifesta-se por uma redução de volume por efeito de secagem e da cozedura. Está relacionada intimamente com a plasticidade, tendo comportamento inverso sobre as argilas, uma vez que todos os factores que aumentam a plasticidade também aumentam a contracção (que é prejudicial).

As argilas são pseudo-sólidos, uma vez que no seu interior existe uma rede capilar. Quando se coloca um bloco de argila a secar ao ar, a velocidade de vaporização vai diminuindo progressivamente e o bloco vai-se contraindo. Isto acontece porque as camadas externas ao secarem, recebem a água ainda existente nas camadas internas, por capilaridade, que em contacto com o exterior também seca.

No lugar que era ocupado pela água existem agora vazios que levam o conjunto a contrair-se e, como esta contracção não é uniforme, o bloco pode deformar-se. A contracção é proporcional ao grau de humidade e à tensão de capilaridade existente no interior do pseudo-sólido, variando com a composição química da argila, como é lógico.

No caulino a contracção é da ordem de 3 a 11 % e nas argilas para tijolos, mais magras, vai de 1 a 6 %, podendo no caso de argilas de grande plasticidade atingir os 20 %. O conhecimento do valor desta redução de volume é muito importante para o dimensionamento dos moldes e

controle das dimensões dos produtos, que se requerem exactos.

2.3.3, Efeitos do calor sobre as argilas

Durante todos os estágios da fabricação de cerâmicos o efeito do calor sobre as argilas é bastante importante. Porém, a sua maior importância reside na secagem e na queima de peças já preparadas, operação na qual se dão transformações de estrutura e de composição responsáveis pelas suas propriedades finais, como o brilho, a cor, a porosidade, a resistência à flexão, ao gretamento, às altas temperaturas, ao ataque dos agentes químicos, etc.

Descrevendo os fenómenos ocorridos numa argila quando sob o efeito do calor:

1. Entre 20 e 150 °C elimina-se a água livre, mecânica ou de amassadura, não eliminada totalmente na secagem e a absorvida do meio ambiente;
2. Até cerca dos 200°C dá-se a eliminação de água coloidal (ou zeolítica), que permanece intercalada entre as pequenas partículas de argilo-minerais depois da secagem, bem como a água proveniente da matéria orgânica;
3. Entre 350 e 650°C dá-se a combustão de substâncias orgânicas contidas na argila e a dissociação de compostos sulfurosos;
4. Entre 450 e 650°C dá-se a decomposição dos minerais de argila propriamente ditos, com libertação de água de constituição (quimicamente combinada na caulinite), constituinte fundamental da argila, contendo sílica e alumina);
5. A temperaturas próximas de 600/700°C dá-se a rápida transformação do quartzo da sua forma cristalina α para β, acompanhada de violenta expansão no aquecimento, e de β para α no resfriamento, acompanhada de violenta contracção;
6. Entre 800 e 950°C os carbonatos decompõem-se (calcário e dolomite) e libertam CO_2;
7. Diga-se que acima de 700°C iniciam-se as reacções químicas da sílica e da alumina com elementos fundentes, formando sílico-aluminatos complexos que dão ao corpo cerâmico características como dureza, estabilidade, resistência física e química, etc. Atinge-se assim o início da sintetização e surge a cerâmica propriamente dita;
8. Acima de 1000°C os sílico-aluminatos que estão sob a forma vítrea começam a

amolecer, assimilando as pequenas partículas menores e menos fundentes, dando ao corpo maior dureza, compacidade e impermeabilidade, com contracção considerável. Dá-se assim a gresificação característica das porcelanas e dos "grés".

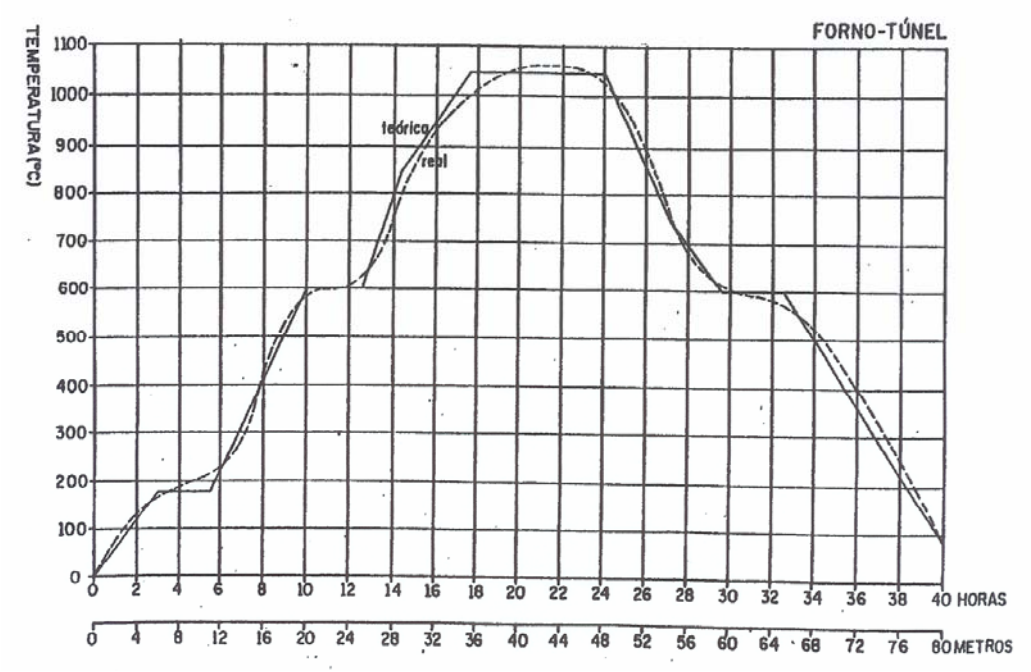


Fig. 3 - Curva de queima teórica e real de grés vermelho [14].

A qualidade de um artigo cerâmico, em termos comparativos grosseiros, depende da quantidade de vidro formado quando sujeito a altas temperaturas. Esta quantidade é grande nas porcelanas e mínima nos tijolos. Os produtos cerâmicos são também denominados de pedras artificiais (porque substituem as pedras naturais em grande parte das suas aplicações e, apesar de algumas diferenças, podem ter uma aparência geral semelhante), embora essa designação seja mais própria dos aglomerados de pedras naturais.

Cerâmica é a denominação comum a todos os artigos ou objectos produzidos com argila após queimados/assados ao fogo. A transformação do barro em cerâmica acontece durante a queima, quando a argila é queimada e se torna firme. Na sua primeira queima obtêm-se o chamado biscoito, que apesar de não mais voltar ao estado plástico ainda possui características frágeis, pois se cair no chão ou levar uma pancada mais forte, parte-se em muitos pedaços.

A argila existe em toda superfície terrestre. Alguns tipos são encontrados a céu aberto e outros em minas subterrâneas ou jazidas. A argila quando retirada da natureza geralmente contém corpos indesejáveis, impurezas orgânicas e, por isso, necessita ser beneficiada através de processos mecânicos e químicos.

Para cada categoria da produção cerâmica a produção das massas argilosas necessita do acréscimo ou da retirada de elementos na sua composição, de acordo com sua aplicação, evitando assim a ocorrência de rachaduras e esfacelamento. Dos muitos tipos de argila existentes são produzidas as massas cerâmicas, que se utilizam na fabricação de utensílios cerâmicos como telhas, tijolos, manilhas, pisos, etc. A chamada cerâmica estrutural.

As massas de adobe são empregadas cruas na construção de moradias.

Tem-se a chamada louça branca usada em peças sanitárias, azulejos, pisos de alto impacto, refractários, isoladores eléctricos, condutores eléctricos, sendo a designação de massas cerâmicas usada para a chamada cerâmica artística.

As cerâmicas têm propriedades eléctricas como isolantes de alta-voltagem, em resistências, como a memória em computadores, velas na combustão interna de motores e, mais recentemente, em aplicações de supercondutores de alta temperatura. São essenciais para a indústria de construção, para a indústria petroquímica, para gerar electricidade, para as comunicações, exploração espacial, medicina, sanitária, etc.

Filtros de cerâmica feitos de porcelana porosa podem isolar micróbios e bactérias do leite e água potável, separar poeira de gases e remover partículas sólidas de líquidos.

Escudos de cerâmica, os quais são leves e resistentes ao impacto, têm sido confeccionados para proteger aviões, veículos militares e soldados.

Cerâmicas mono-cristais têm importantes aplicações mecânicas, eléctricas e ópticas.

Cerâmicas incluem itens tão delicados que podem ser quebrados por um leve toque, tão resistentes que podem proteger nosso próprio corpo e tão duradouros que permanecem depois de milhares de anos revelando-nos a história dos nossos mais remotos ancestrais.

2.4. CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS CERÂMICOS

O sector cerâmico é amplo e heterogéneo o que induz a dividi-lo em subsectores ou segmentos em função de diversos factores, como matérias-primas, propriedades e áreas de utilização. Dessa forma, em geral é adoptada a classificação com que se organização os sub-capítulos seguintes, ou seja:

- Cerâmica vermelha;
- Cerâmica ou Materiais de Revestimento;
- Cerâmica branca;
- Cerâmica refractária;
- Cerâmica de alta tecnologia/cerâmica avançada;
- Abrasivos.

2.4.1. Cerâmica Vermelha

Compreende aqueles materiais com coloração avermelhada empregados na construção civil (tijolos, blocos, telha e tubos cerâmicos/manilhas) e também argila expandida (agregado leve), utensílios domésticos e adorno. A identificação como cerâmica vermelha provém do facto de esta apresentar óxido de ferro em abundância.

2.4.2. Cerâmica ou Materiais de Revestimento

Compreende todos os materiais usados na construção civil para revestimento de paredes, pavimentos e bancadas tais como azulejos, placas ou ladrilhos para piso e pastilhas.

2.4.3. Cerâmica branca

Este grupo é bastante diversificado, compreendendo materiais constituídos por um corpo branco e em geral recobertos por uma camada vítrea transparente, sendo assim agrupados pela cor branca de massa, necessária por razões estéticas e/ou técnicas.

Com o advento dos vidrados opacos, muitos dos produtos enquadrados neste grupo passaram a ser fabricados, sem prejuízo das características para uma das aplicações, com matérias-primas com certo grau de impurezas, responsáveis pela coloração. Muitas vezes prefere-se subdividir este grupo em função da utilização dos produtos em:

- Louça sanitária;
- Louça de mesa;
- Isoladores eléctricos para linhas de transmissão e de distribuição;
- Utensílios doméstico e adorno;
- Cerâmica técnica para diversos fins (químico, eléctrico, térmico e mecânico).

2.4.4. Cerâmica refractária

Este grupo compreende uma gama grande de produtos, que têm como finalidade suportar temperaturas elevadas nas condições específicas de processo e de operação dos equipamentos industriais, que envolveram esforços mecânicos, ataques químicos, variações bruscas de temperatura e outras solicitações.

2.4.5. Cerâmica de alta tecnologia/cerâmica avançada

O aprofundamento dos conhecimentos da ciência dos materiais proporcionaram ao homem o desenvolvimento de novas tecnologias e aprimoramento das existentes nas mais diferentes áreas: aeroespacial, electrónica, nuclear e muitas outras. Deste modo, passaram a surgir materiais com qualidade excepcionalmente elevada. Tais materiais passaram a ser desenvolvidos a partir de matérias-primas sintéticas de altíssima pureza e por meio de processos rigorosamente controlados.

Estes produtos, que podem apresentar os mais diferentes formatos, são fabricados pelo chamado segmento cerâmico de alta tecnologia ou cerâmica avançada. Estes são classificados de acordo com as suas funções em: electrónica, magnética, óptica, química, térmica, mecânica, biológica e nuclear.

Os produtos deste segmento, são de uso intenso e a cada dia tende a ampliar-se. Como alguns exemplos, podemos citar: naves espaciais, satélites, centrais nucleares, implantes em seres humanos, aparelhos de som e de vídeo, suporte de catalisadores para automóveis, sensores (humidade, gases e outros), ferramentas de corte, brinquedos, acendedores de fogão, etc.

2.4.6. Abrasivos

Parte da indústria de abrasivos, por utilizarem matérias-primas e processos semelhantes ao da cerâmica, constituem-se num segmento cerâmico. Entre os produtos mais conhecidos podemos citar o óxido de alumínio electrofundido.

2.5. CARACTERIZAÇÃO DOS SEUS CONSTITUINTES

Aos materiais que são obtidos por cozedura, a altas temperaturas, de matérias-primas aturais, constituídos por silicatos de alumínio hidratados[4], e utilizadas sem tratamentos de purificação, chamam-se cerâmicos.

Ultimamente foram incluídos no campo dos cerâmicos os silicatos naturais, as matérias-primas produzidas sinteticamente e com composição bem definida (óxidos puros, magnetos cerâmicos, combustíveis nucleares, etc.).

Considerando as suas características micro-estrututrais, podemos classificar os cerâmicos em dois grupos:

1. Cerâmicos tradicionais;
2. Cerâmicos especiais.

Dado o âmbito restrito à Construção Civil, e atendendo a serem estes esmagadoramente maioritários, este trabalho debruça-se apenas sobre os cerâmicos tradicionais.

2.6. Propriedades gerais das cerâmicas

[4] Argilas.

Estas propriedades são variáveis com a constituição do material, o processo de fabrico utilizado e a temperatura de cozimento a que esteve sujeito. Como características principais, interessa saber, para uma cerâmica, qual o seu peso, a sua resistência mecânica, a resistência ao desgaste e a duração.

Em relação ao peso, existem cerâmicas mais leves do que a água e outras tão pesadas quanto um granito.

2.6.1. Absorção de água

A absorção de água depende da compacidade das peças, da sua constituição inicial, etc. Também chamada de porosidade aparente que é dada pela percentagem de aumento de peso que a peça apresenta após 24h de imersão em água (embora a absorção não termine neste período curto de tempo, a referência pode ser fixada deste modo, tanto mais que esta absorção tende a estabilizar no tempo).

2.6.2. Resistência mecânica

A resistência dos produtos cerâmicos está dependente da quantidade de água usada na moldagem. Água em excesso lava as partículas menores que mais facilmente fundirão para formar o vidrado. Quanto mais homogénea, fina e cerrada a granulometria, bem como melhor o cozimento, maior a resistência da cerâmica.

Como uma classe de materiais, os cerâmicos são relativamente frágeis. As resistências à tracção observadas nos materiais cerâmicos variam imenso, indo desde valores muito baixos e inferiores a 0,7 MPa até cerca até cerca de 7 GPa. No entanto, poucos cerâmicos apresentam resistências à tracção superiores a 170 MPa. Este tipo de materiais também apresenta uma grande diferença entre as suas resistências à tracção e à compressão, sendo geralmente as resistências à compressão cerca de 5 a 10 vezes superiores às resistências à tracção.

Além disso, e devido às suas ligações iónicas e covalentes, muitos materiais cerâmicos são duros e possuem uma baixa resistência ao impacto. No entanto, existem algumas excepções às generalizações acima referidas, como é exemplo da argila plástica, que é um material cerâmico

macio e facilmente deformável.

Nos materiais cerâmicos frágeis, os poros constituem regiões onde a tensão se concentra e quando esta, junto ao poro, atinge um valor crítico, forma-se uma fenda que se propaga. Tal sucede visto que nestes materiais não existem processos suficientemente absorvedores de energia como aqueles que operam durante a deformação dos metais dúcteis. Assim, uma vez criadas condições para o início da sua propagação, as fendas continuam a crescer até que ocorre fractura.

Os poros são também prejudiciais para a resistência dos materiais cerâmicos porque fazem diminuir a área da secção transversal através da qual é aplicada a carga e, consequentemente, fazem baixar a tensão que o material pode suportar. Deste modo, o tamanho e a fracção volumétrica de poros dos materiais cerâmicos são factores importantes que afectam a sua resistência.

2.6.3. Resistência à fractura e à fadiga

A resistência à fractura de um material cerâmico pode também depender fortemente das fendas presentes. Uma fenda de grande dimensão pode ser o principal factor que afecta a resistência de uma cerâmica. Em geral a resistência à fractura dos cerâmicos é baixa a moderada.

Os materiais cerâmicos, devido à combinação de ligações covalentes e iónicas, têm intrinsecamente uma baixa tenacidade. Também devido a estas ligações, há ausência de plasticidade durante o carregamento cíclico. Consequentemente, a fractura por fadiga é rara nos materiais cerâmicos.

A elevada dureza de alguns materiais cerâmicos torna-os úteis para funcionarem como abrasivos para corte, desbaste e polimento de outros materiais de menor dureza.

2.6.4. Resistência térmica e química

Em geral, a maioria dos materiais cerâmicos tem baixas condutividades térmicas devido às

fortes ligações iónicas e covalentes, pelo que são bons isoladores térmicos. Devido à sua elevada resistência ao calor, os materiais cerâmicos são usados como refractários, ou seja, materiais que resistem à acção de ambientes quentes, tanto líquidos como gasosos.

As propriedades importantes dos materiais cerâmicos refractários são as resistências mecânicas a baixa e alta temperatura, a densidade aparente e a porosidade. A maioria dos cerâmicos refractários apresenta densidades aparentes que variam entre 2,1 e 3,3 g / cm^3. Os refractários densos com baixa porosidade apresentam maior resistência à corrosão e à erosão, assim como à penetração por líquidos e gases. No entanto, nos refractários para isolamento térmico é desejável que haja uma grande quantidade de porosidade. Na maioria das vezes, os refractários para isolamento térmico são usados por detrás de tijolos ou materiais refractários de maior densidade e refractariedade.

A resistência química é elevada, em geral, sobretudo quando vitrificados.

2.7. FACTORES DE DESAGREGAÇÃO DOS CERÂMICOS

Os produtos cerâmicos podem desagregar-se sob a acção de:

- Agentes físicos externos:
    - Humidade;
    - Vegetação;
    - Fogo;
    - Gelo ↔ Gelatividade.
- Agentes químicos externos:
    - Cristalização de sais dissolvidos em águas que provocam eflorescências;
- Agentes mecânicos:
    - Baixa resistência mecânica à flexão, tracção e choque.

A humidade, a vegetação e o fogo são os agentes com pior efeito sobre os cerâmicos. A

acção dos dois primeiros está dependente da porosidade do produto, sendo tanto mais perniciosa quanto mais poroso este é.

O fogo faz diminuir a resistência à compressão. Por outro lado, como as peças não se dilatam uniformemente tem tendência a desagregar-se.

Também o gelo pode ser um agente inimigo das peças cerâmicas se houver lugar a ciclos de gelo e degelo, com expansão da água no seio da peça, quando esta passa do estado líquido a sólido.

Os agentes químicos internos mais vulgares são normalmente os mais solúveis muito embora só se manifestem em presença da humidade. São estes sais dissolvidos em água que cristalizando à superfície da peça ocasionam o que se chama de eflorescência. Estas eflorescências, além de má aparência, podem ocasionar o deslocamento do revestimento exterior das peças.

Os agentes mecânicos podem ser de várias naturezas, porém, em construção é importante que se conheçam os esforços a que normalmente se sujeitam as peças. É preciso atender-se a que as peças cerâmicas resistem muito melhor à compressão do que à flexão e torção, fazendo a sua utilização de forma a optimizar as suas potencialidades. Uma regra fundamental na aplicação de peças cerâmicas de revestimento é a seu completo apoio por toda a superfície de contacto.

2.8. FABRICAÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS

Na indústria cerâmica os processos de fabrico são tão variados quantos os produtos. Há desde os mais rudimentares, como na produção de telhas e tijolos em olarias, até aos mais sofisticados, em modernas instalações, com processos rigorosos de fabrico, como na produção de sanitários. Os processos de fabricação podem diferir de acordo com o tipo de peça ou material desejado.

Apesar desta diversidade, constata-se a existência de três etapas fundamentais do

processamento, de um modo geral:

1. Preparação das matérias-primas;
2. Conformação ou moldagem;
3. Processamento térmico.

Fig. 4 - Etapas fundamentais do processamento de materiais cerâmicos.

2.8.1. Preparação das matérias-primas

A preparação da matéria inicia-se com a escolha do tipo de barro que se pretende. Conhecida a matéria-prima básica é essencial, à beneficiação adequada dos mesmos, a correcção das suas propriedades de forma a viabilizar a sua moldagem e a garantir as características finais do produto cerâmico. Para melhor compreender os cuidados a ter com esta fase de processamento, convém lembrar que:

- O nível de sintetização atingido durante a queima e a qualidade de prensagem estão intimamente ligados à composição e nível de mistura dos componentes;
- O excesso de matéria orgânica ou de partículas de carbono nas matérias-primas, pode originar fissuras ou inchamentos nas peças, desde que não entrem em combustão nos trechos da curva de queima onde a porosidade permite ainda a difusão de CO_2;
- Com a combinação de certas matérias-primas, podem-se alterar os coeficientes de dilatação, diminuir a sensibilidade a choques térmicos, aumentar a resistência à gretagem, a resistência, etc.

Os materiais cerâmicos poderão ter um acabamento natural, polido e vidrado. Nestes últimos, utilizam-se matérias-primas tais como vidros e corantes.

Ilustramos na figura seguinte a influência dos materiais sobre os fenómenos de contracção

que ocorrem na queima do azulejo a l200°C.

Para atender a estas exigências as matérias-primas[5], naturais ou sintéticas, são submetidas às seguintes operações:

- São desagregadas moídas e peneiradas, a seco ou em dispersão aquosa, até à granulometria mais conveniente, para melhorar o nível de mistura e de conformação;
- São purificadas e corrigidas nas suas propriedades;
- São misturadas e homogeneizadas, seguindo depois para a moldagem, na forma de massa plástica, barbotina ou pó com baixa humidade.

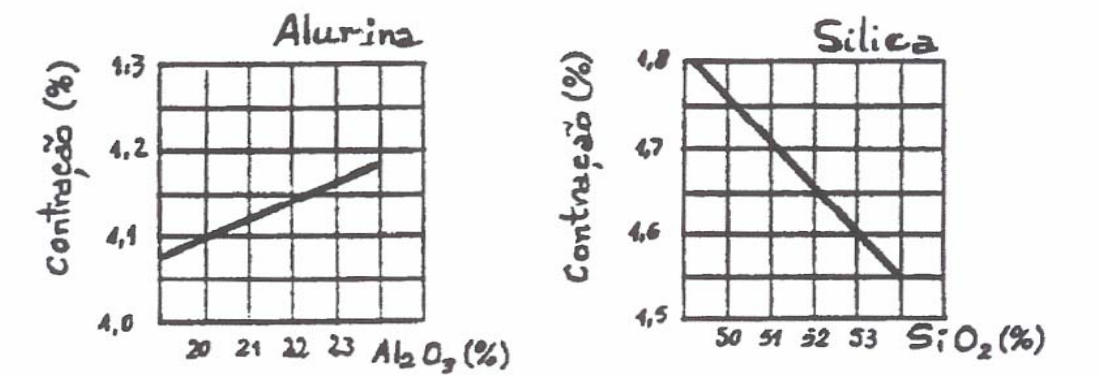


Fig. 5 - Fenómenos de contracção durante a queima do azulejo [14].

As partículas e outros ingredientes (ligantes e lubrificantes) podem ser misturados húmidos ou secos. Para produtos cerâmicos aos quais não se exigem propriedades "críticas", como os tijolos tradicionais, o processo habitual consiste na mistura dos ingredientes com água.

Existem dois processos para conferir às argilas a composição desejada, adicionando os materiais complementares necessários (correctivos, fundentes, etc.) e a água apropriada:

I. Via Seca - depois de uma secagem e mistura vem a trituração, incorporando, na fase final, a humidade necessária. Este processo não elimina as impurezas, obrigando a

[5] Basicamente argilas, feldspatos, sílica ou quartzo, e fundentes (areia).

utilizar matérias-primas muito puras;

II. Via Húmida – pode ser por levigação ou por amassadura.
   a) Levigação : diluição em tanques e decantação, o que produz pastas muito finas, recomendadas para o fabrico de porcelanas;
   b) Amassadura: é o método mais simples e económico, no qual as matérias-primas, com a água necessária, se transformam em pastas, por aparelhos misturadores.

Em alguns outros as matérias-primas são moídas a seco conjuntamente com os ligantes e outros aditivos. Por vezes combinam-se métodos de processamento das matérias-primas por via húmida e por via seca.

2.8.2. Conformação / Moldagem

São quatro os processos principais utilizados para transformar a matéria-prima no corpo de forma geométrica desejada. A escolha do processo depende necessariamente da geometria (forma e dimensão) do produto que se deseja, das propriedades das matérias-primas e consequentemente das aptidões destas para um determinado processo. Trata-se da preparação da massa para o fim desejado.

Os produtos cerâmicos obtidos por meio de aglomeração de partículas podem ser enformados através de uma grande variedade de métodos e quer no estado seco, plástico ou líquido.

Na indústria cerâmica predominam os processos de conformação a frio, mas os processos de conformação a quente também são bastante utilizados. Os principais métodos de conformação de cerâmica usados são a prensagem. Neste último a preparação da pasta cerâmica pode ser feita por via seca ou por via húmida.

As argilas, depois de diluídas em tanques/tubos diluidores, peneiradas e misturadas com o material moído dos materiais fundentes no processo de prensagem por monocozedura, resultam numa outra mistura que se designa por borbotina. De uma forma geral, podemos dizer que quando a matéria-prima se apresenta na forma de:

- Barbotina - utiliza-se o processo de colagem em moldes de gesso (sanitários, xícaras) também dito à lambrugem;
- Massa plástica - serão conformados por extrusão, moldagem plástica e às vezes prensagem (tijolos, telhas, pratos, etc.);
- Pó - com baixo teor de humidade, por prensagem (azulejos, ladrilhos).

Por qualquer destes processos obtém-se as formas de uma peça crua, com geometria definida e determinadas propriedades mecânicas e físicas. Com este conjunto de qualidades pretende-se que se permita o seu manuseio, sua secagem e queima sem risco de inutilização.

Contudo, e tratando-se de uma fase intermédia, depende fundamentalmente da preparação das matérias-primas, sendo certo que esta fase condiciona a seguinte: o processamento térmico. Como exemplo disto temos os seguintes comentários [6]:

- "... se a viscosidade, densidade e outras propriedades das barbotinas não apresentarem valores adequados para as características do gesso usado no molde, e não houver boa homogeneização da barbotina logo antes da fundição, pode haver formação de um grande número de imperfeições, cujo efeito final é o de produzir defeitos que aparecem após a queima, às vezes inutilizando a peça queimada";
- "... se os orifícios das louças do «spay-drier» não tiverem manutenção regular, podem desgastar-se em excesso, aumentando a granulometria do material, dando origem ao defeito de "laminação" em ladrilhos e azulejos prensados;
- "... uma prensagem a seco, com um ciclo muito rápido e com elevadas pressões pode dificultar a eliminação do ar, que permanece no ladrilho provocando a sua "laminação", principalmente se o pó é muito seco ou fino";
- "... uma moldagem plástica ou extrusão mal realizada provoca concentrações de tensões que, na secagem ou queima, podem originar fissuras, inutilizando peças que passaram praticamente por todo o processo produtivo, incorporando energia em cada etapa."

As máquinas utilizadas podem ser: moldadores de pressão, máquinas de fieira, etc.

2.8.3. Processamento Térmico

É considerada a etapa mais importante do processo cerâmico.

Porém, a maior importância do processamento térmico reside na secagem e na queima das peças já preparadas.

Cite-se [6]:

- "...A secagem é tão importante quanto o cozimento. Durante a secagem, o corpo cru perde a maior parte da sua água livre e adquire resistência mecânica, podendo então ser decorado e cozido. Sabe-se que após a moldagem o corpo cerâmico conserva ainda 5 a 35 % de água e que ao queimar uma peça com teor excessivo de água corre-se o risco do seu fendilhamento".

Facilmente se explica que ao cozer um corpo de argila ainda húmido, este seca exteriormente, criando uma crosta que impede a saída da humidade interior, que leva ao aparecimento de tensões internas. Por outro lado a "explosão" de bolhas de vapor, ou contracções diferentes excessivas, provocam o fendilhamento das peças.

Como tal, o processo de secagem é de suma importância, devendo ser uniforme (para evitar distorções), económico e facilmente controlável.

Existem métodos de secagem diversos:

- Secagem natural: feita em telheiros arejados, ao abrigo do sol. Embora se pratique em grande parte das olarias é demorado (3 a 6 semanas para as argilas moles), lento e, consequentemente, anti-económico, exigindo grandes superfícies;
- Secagem por ar quente húmido*:* faz-se circular ar quente e húmido sobre o material colocado nos secadores até que desapareça a água absorvida. Após esta fase, faz-se circular somente ar quente, para que perca a água de capilaridade. Conseguem-se, assim, deformações mínimas;
- Secadores de túnel: são túneis extensos pelos quais se faz passar o calor residual dos fomos (de 40 a 150°C). As peças colocadas em vagonetas percorrem lentamente o

túnel no sentido da menor para a maior temperatura;

- ❖ Secagem por radiação infravermelha: usada para peças de precisão. O seu custo é elevado e só serve para peças delgadas. Permite alto rendimento e pouca deformação.

Qualquer dos métodos utilizados tem consequências na qualidade dos produtos, bem como nos seus custos de produção.

A cozedura tem por fim endurecer os produtos depois de secos, através da expulsão da água de constituição e combinação dos silicatos e aluminatos de ferro. Deve ser realizada lentamente para evitar que a tensão da água atinja o limite de resistência da massa, originando fissuras.

O cuidado com que se executa esta operação e os meios de que se dispõe influem, certamente, na qualidade do produto final.

A cozedura realiza-se em quatro operações distintas:

Enformar → Cozer → Arrefecer → Desenformar

Ao longo dos tempos têm-se utilizado os mais diversos meios e técnicas de cozimento. Sabe-se que neste processo se dão importantes reacções químicas que dependem não só da temperatura alcançada, mas também de velocidade de aquecimento, arrefecimento, da atmosfera ambiente (oxidante, neutra ou redutora), do tipo de forno, do combustível usado, etc.

Assim, quando as peças secas e cruas são levadas ao forno, devem ficar submetidas a um perfil de temperaturas (curva de queima) que garanta o seu gradual aquecimento/arrefecimento, sem choques térmicos violentos. É importante que a atmosfera do forno seja controlada de forma a permanecer a mais homogénea possível.

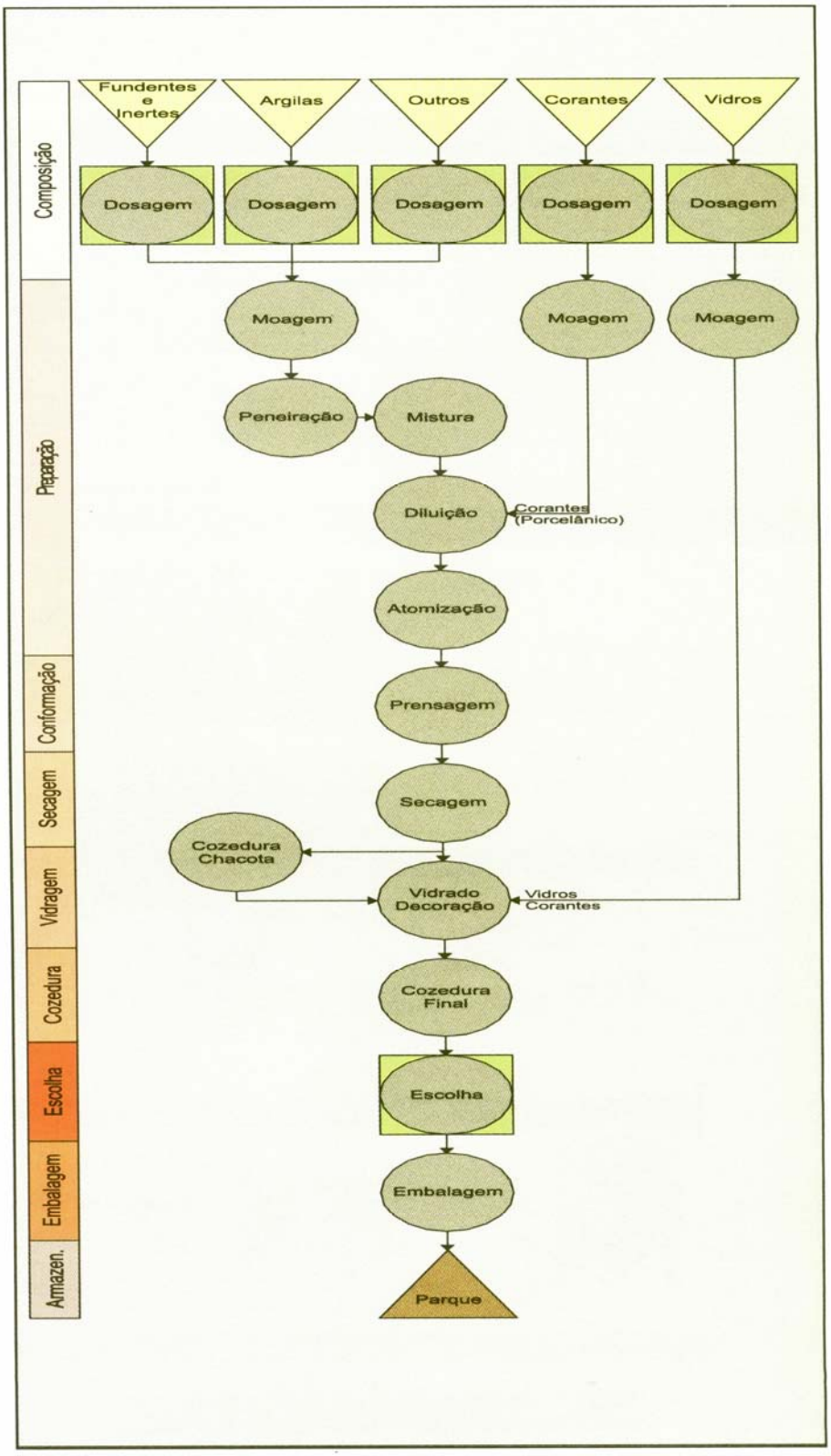


Fig. 6 – Fluxograma do processo de fabrico pela Via Seca (Presagem) [2].

Para evitar choques térmicos violentos e as suas consequências nefastas, sobretudo para a cerâmica que se pretende de melhor qualidade, costuma usar-se o processo de aquecimento e reaquecimento, que consiste em levar o material duas vezes ao forno e obtendo-se, no primeiro aquecimento, aquilo a que se chama biscoito. Antes do reaquecimento dá-se o vidrado, às peças que o exigem, conseguindo, assim, produtos de melhor qualidade.

Não se falou ainda da peça essencial deste processo: o forno. O forno tem um papel importante, não só sob o ponto de vista tecnológico mas também sob o ponto de vista económico. Sendo óbvio que a obtenção de altas temperaturas se faz à custa da queima de combustível, seja ele a lenha, o carvão, derivados do petróleo ou electricidade, todos eles representam custos elevados para o homem. Muito embora se despreze, por vezes, "os custos" que se podem imputar à utilização de lenha, julgamos ser nossa obrigação referir que os estados de desertificação (mais ou menos alcançados) de certas regiões da Terra, resultaram de desmatificação maciça dessas mesmas regiões, sem reposição das espécies abatidas. Assim, na escolha de um forno é absolutamente indispensável ter-se em consideração todos os factores que acabamos de referir e outros que irão variar de caso para caso (localização, mão-de-obra, etc.).

Podemos optar por fomos contínuos ou intermitentes. Como se poderá deduzir, nos primeiros a produção é contínua podendo ter a zona de fogo móvel ou a zona de carga. Como exemplo temos o forno de túnel, no qual os objectos a cozer movem-se empilhados em vagoneta em sentido contrário à circulação dos gases. São formados por um túnel de 10 a 120 m de comprimento e de 2 m^2 de secção, neles existindo uma zona de aquecimento, uma zona central de cozedura e finalmente, a zona de arrefecimento.

Os fomos intermitentes, tal como o nome indica, permitem variações sucessivas de temperatura – calor/frio – com vantagens e desvantagens, que vão desde o baixo custo de instalação e facilidade de execução, prejudicados pelo elevado consumo de combustível e mão-de-obra, bem como pela deterioração precoce das instalações.

Como exemplo, podemos apontar os fornos de meda, fomos intermitentes comuns, fomos semi-contínuos e fomos de Hoffmann. Neste último forno as câmaras de cozedura vão-se

deslocando, estando os produtos imóveis. Em geral são de forma elíptica.

Estas etapas estão detalhadas no fluxograma generalizado para o processo de fabrico pela via seca que se indica na figura 6.

2.9. CONTROLO DE QUALIDADE

O controlo da qualidade deverá ser uma actividade diária, requerendo equipamento e operadores qualificados. Este deve ser iniciado nas matérias-primas e antes da sua entrada na produção, passando também pelo seu controlo na fase de processo, terminando no produto final embalado. Seguidamente demonstra-se nos três pontos seguintes os procedimentos a adoptar neste âmbito:

- Controlo de recepção de matérias-primas

Nesta fase permite prevenir a ocorrência de problemas durante a fase do processo de fabrico, com uma análise e observação das matérias-primas no acto da sua recepção, através dos procedimentos da Tabela 1.

Tabela 1 – Controlo de recepção de matérias-primas [2]

Matérias Primas	Ensaios	Periodicidade
Cerâmicos	Aspecto visual Granulometria Retracção após secagem e cozedura Absorção de água após cozedura Resistência mecânica após cozedura	Recepção do lote
Feldspato	Resíduo Fusibilidade Cor após cozedura	Recepção do lote
Areia	Resíduo	Recepção do lote
Vidro	Cor	Recepção do lote

❖ Controlo na fase de processo

Nesta fase procede-se ao controle do processo numa fase intermédia, para que se evite qualquer não conformidade, evitando desvios aos requisitos estabelecidos (veja-se Tabela 2).

❖ Controlo do produto final

Aqui faz-se a avaliação do produto final, de forma a saber-se se cumpre com as especificações aplicáveis e garantia da sua qualidade.

Deve, assim, ser efectuado um controlo do material acabado, de forma a garantir o cumprimento de algumas especificações, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 2 - Controlo em fase de processo [2]

Produto em fase de processo	**Ensaios**	**Periodicidade**
Pasta	Aspecto visual. Resíduo ao peneiro. Retracção após secagem e cozedura. Absorção de água após cozedura. Resistência mecânica após a cozedura.	Semanal
Barbotina	Densidade. Viscosidade. Resíduo.	Diária
Pó atomizado	Granulometria Humidade	Horário
Prensado	Dimensões, espessura, densidade aparente Resistência mecânica	Horário
Seco	Humidade	Horário
Vidro, Engobe	Densidade Viscosidade	Horário
Vidrado	Gramagem	Horário
Cozido	Dimensões	Horário

Tabela 3 - Controlo do produto final [2].

Produto final	Ensaios	Periodicidade
Revestimentos	Resistência mecânica. Absorção de água. Dimensões, espessura, empeno.	Diário
Revestimentos	Fendilhagem.	Semanal
Revestimentos	Resistência aos químicos e manchas.	Mensal
Revestimentos	Gelo / Degelo.	Anual

2.10. CLASSIFICAÇÃO

A classificação dos ladrilhos cerâmicos, regulada pela Norma Internacional ISO 13006 transportada para a Norma Europeia EN 14411, combina o processo de fabrico dos ladrilhos cerâmicos com a absorção de água do produto final, sendo subdivididos pelos seguintes grupos [7]:

Tabela 4 - Classificação ISO dos ladrilhos cerâmicos [7].

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Processo de fabrico</td><td colspan="4">Absorção de água (E, % ponderal)</td></tr>
<tr><td>E ≤ 3</td><td>3 < E ≤ 6</td><td>6 < E ≤ 10</td><td>E > 10</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Grupo I</td><td>Grupo IIa</td><td>Grupo IIb</td><td>Grupo III</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Extrusão *</td><td rowspan="2">A</td><td rowspan="2">Grupo AI
(Anexo A)</td><td>Grupo AIIa-1**
(Anexo B)</td><td>Grupo AIIb-1**
(Anexo D)</td><td rowspan="2">Grupo AIII
(Anexo F)</td></tr>
<tr><td>Grupo AIIa-2**
(Anexo C)</td><td>Grupo AIIb-2**
(Anexo E)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Prensagem a seco</td><td rowspan="2">B</td><td>Grupo BIa
E ≤ 0,5
(Anexo G)</td><td rowspan="2">Grupo BIIa
(Anexo J)</td><td rowspan="2">Grupo BIIb
(Anexo K)</td><td rowspan="2">Grupo BIII***
(AnexoL)</td></tr>
<tr><td>Grupo BIb
0,5 < E ≤ 3
(Anexo H)</td></tr>
</table>

* - Os ladrilhos extrudidos podem ser produzidos individualmente (ladrilhos extrdidos simples) ou aos

pares, unidos pelo tardoz, sendo neste caso separados após cozedura (ladrilhos extrudidos duplos).

** - Os Grupos AIIa e AIIb são subdivididos em dois grupos, sujeitos a exigências distintas.

*** - O Grupo BIII engloba apenas ladrilhos vidrados. Os ladrilhos não vidrados produzidos por prensagem a seco e que apresentem absorção de água superior a 10% não pertencem a esse grupo.

III – REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM PARAMENTOS VERTICAIS

No passado e até aos nossos dias, em Portugal e outros países, com a excepção de algumas construções em que a pedra se mantém à vista, a generalidade das paredes é revestida com os rebocos tradicionais pintados e outros com carácter regional, com outro tipo de acabamento onde se destaca o azulejo, agora menos utilizado [1].

Nas zonas mais húmidas, ou mais expostas à chuva, era frequente serem utilizados revestimentos de estanquidade. No entanto, ao longo dos tempos foi o homem arranjando soluções variadas no que diz respeito à natureza dos produtos, devido ao efeito estético mas também ao custo da manutenção das pinturas. Surgem, perante este objectivo de se adoptarem soluções bastantes mais económicas em termos de manutenção e atractivas arquitectónicos, fachadas sem qualquer reboco e pintura tradicional ou em que estes elementos tradicionais apenas colaboram com uma parte.

Contudo, a utilização destes sistemas de revestimento, deficientemente utilizados sem qualquer análise das suas características com vista ao fim desejado, veio levantar a ocorrência de diferentes patologias associadas a inúmeros factores. Necessário se torna, pois, identificar e conhecer os princípios básicos da aplicação de revestimentos não tradicionais, designadamente os que aqui se pretendem estudar: os de natureza cerâmica.

3.1. EXIGÊNCIAS A SATISFAZER NOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS

A Directiva Europeia de produtos de construção (89/106/CE) define que os produtos de cerâmica no mercado europeu devem apresentar um comprovativo, determinando as exigências dos materiais que, após a sua aplicação, garantam como mínimos os seguintes requisitos [5]:

- ⇨ Resistência mecânica e estabilidade;
- ⇨ Segurança em caso de incêndio;
- ⇨ Higiene, Saúde e Ambiente;
- ⇨ Segurança na utilização;

- ⇨ Protecção contra o ruído;
- ⇨ Economia de energia e retenção de calor.

Deve-se ainda equacionar, na concepção do projecto de revestimentos cerâmicos, a compatibilidade com o seu suporte, conforto visual e durabilidade face à utilização final.

Como se pode constatar as exigências encontram-se hoje bem definidas e são bastante vastas. Os parâmetros verticais com revestimento cerâmicos podem ser definidos segundo a Tabela 5,

Tabela 5 - Definição de paramentos verticais em revestimentos cerâmicos [2].

Elemento construtivo	Tipo de fixação
Paredes exteriores	Colagem Fixação mecânica (fachada ventilada)
Paredes interiores	Colagem

3.1.1. Resistência Mecânica e Estabilidade

Na Directiva Europeia para os produtos de construção, a resistência dos elementos que não tenham a finalidade de garantir a estabilidade estrutural dos edifícios (Revestimentos Cerâmicos) é avaliada apenas no âmbito do seu requisito essencial da segurança na utilização.

Para o efeito, a avaliação da capacidade resistente de um modelo de revestimento pode definir-se em duas características essenciais:

- ⇨ A resistência do modelo, admitindo que a sua ligação ao suporte é estável;
- ⇨ A resistência do sistema de fixação ao suporte.

A resistência dos modelos de revestimento deve ser fornecido pelo fabricante.

No que se refere ao sistema de fixação ao suporte, torna-se necessário avaliar o seu comportamento caso a caso, tendo em conta os seguintes aspectos:

- Os efeitos de fadiga;
- As dispersões relativas aos produtos e à sua aplicação em obra;
- A evolução das características dos produtos ao longo do tempo (envelhecimento).

3.1.2. A acção da temperatura (esforços higrotérmicos)

A envolvente exterior dos edifícios pode atingir amplitudes térmicas superiores a 50º C. Em consequência esta acção pode provocar tensões ou deformações elevadas, conforme exista ou não restrição de movimentos, que poderão ser incompatíveis com as propriedades dos materiais.

A identificação destas tensões e deformações são importantes para o dimensionamento dos sistemas de revestimento com ladrilhos cerâmicos, nomeadamente elementos de fixação e juntas. O alongamento de um material sem restrições pode determinar-se pela seguinte expressão:

$$\Delta L = L \cdot \alpha_l \cdot \Delta_t$$

Em que:

ΔL → Variação de comprimento por acção da temperatura [m]

L → Comprimento inicial [m]

α_l → Coeficiente de dilatação térmica linear [$ºC^{-1}$]

Δ_t → Variação da temperatura [ºC]

Sendo:

Valores do coeficiente de dilatação térmica linear (α_l) para:

Tijolo → $(3{,}5 \text{ a } 5{,}8) * 10^{-6}$

Ladrilhos Cerâmicos
- Faianças → $9 * 10^{-6}$
- Porcelânico → $9 * 10^{-6}$

Um elemento de construção exterior sujeito a radiação solar apresenta na sua superfície uma temperatura superior à do ambiente, cujos valores se podem obter pela seguinte expressão:

$$t_{se} = t_e + \frac{\alpha_s + R}{h_e}$$

Em que:

t_{se} → Temperatura de superfície exterior [ºC]

t_e → Temperatura ambiente exterior [ºC]

α_s → Coeficiente de absorção da radiação solar

R → Radiação

h_e → Conduta térmica superficial exterior [w/m^2 ºC]

De uma forma geral a h_e = 25 w/m^2 ºC, enquanto o valor do α_s é sobretudo condicionado pela cor do paramento vertical, não negligenciando as características da superfície, ou seja, a sua rugosidade.

Tabela 6 – Valores do coeficiente de absorção da radiação solar αs de superfície em função da cor [2].

Cor da Superfície	**Valor de α_s**
Branco	0,2 a 0,3
Amarelo, laranja, vermelho claro	0,3 a 0,5
Castanho, verde escuro e azul escuro	0,7 a 0,9
Castanho escuro, preto	0,9 a 1

Em paredes exteriores, com sistemas de revestimento contínuo, aconselha-se que se utilizem cores cujos valores de α_s não sejam superiores a 0.7, em particular os orientados para (sudoeste e oeste).

Tabela 7 -Valores máximos da radiação global s/ superfícies exteriores em Portugal Continental-[w/m2] [2].

Estações do Ano	Orientação					
	N	E	SE	S	SO	O
Inverno	90	680	940	1050	920	670
Primavera / Outono	150	720	980	720	940	700
Verão	180	900	880	460	800	780

Assim, o aquecimento a que os revestimentos exteriores estão sujeitos é devido a fenómeno de choque térmico, que se podem verificar quando no Verão quando ocorre uma precipitação, provocando um arrefecimento de um paramento exterior e originando contracções elevadas nesta face. Pelo que sistemas de revestimentos com cores claras têm coeficientes de absorção de radiação solar (α_s) mas baixos, o que reduz a amplitude do fenómeno.

3.1.3. A acção da humidade

A capacidade de impermeabilização de um elemento é, sobretudo, determinada pela capacidade de resistir à penetração da água proveniente do exterior. Isto quer pela estanquidade dos compostos, quer através das disposições construtivas que não permitem a transferência de água para o interior, como é o caso dos espaços de ar ventilados em paredes da fachada.

É também importante que o elemento tenha capacidade de permitir a eliminação rápida da água e excesso por secagem, logo que existam condições atmosféricas favoráveis. Assim, os revestimentos cerâmicos não garantem por si só a estanquidade à água, pelo que esta terá que ser assegurada pelo elemento construtivo no seu todo.

Nas fachadas é importante o modelo do suporte, com a existência de espaços de ar ventilados, onde a secagem dos elementos construtivos está assegurada. Nas soluções aderentes ao suporte (revestimentos colados) cabe às juntas entre ladrilhos a função de permitirem a libertação de vapor de água. É recomendável que, em paredes exteriores sem espaço de ar ventilado, a área ocupada pelas juntas corresponda a cerca de 10% da área ocupada pelos ladrilhos.

Em conclusão, o sistema de revestimento cerâmico para a impermeabilização do elemento construtivo em que se insere depende de vários factores, tais como o tijolo de ladrilhos, o tijolo de fixação, etc. A humidificação dos revestimentos cerâmicos pode verificar-se pela absorção de água líquida (água das chuvas, humidade por capilaridade, etc.), ou ainda pela absorção das moléculas de vapor de água, devendo-se ter sempre em atenção [2]:

- Humidade de construção, que resulta do processo de construção;
- Humidade proveniente da chuva/neve ou espaços húmidos;
- Humidade adicional;
- Humidade resultante da condensação do vapor de água existente no ar;
- Humidade devida a situações acidentais (fugas nas canalizações).

A constituição e posição das camadas de um elemento construtivo é um aspecto fundamental na análise do problema da probabilidade de ocorrência de condensações internas, onde a resistência à difusão do vapor de água das diferentes camadas deve diminuir progressivamente do interior para o exterior de um elemento construtivo em função da fraca, média, forte ou muito forte higrometria dos edifícios [2].

Tabela 8 – Classificação de higrometria em edifícios [2].

Higrometria	**Tipo de edifícios**
Fraca	Armazéns
Média	Escritórios, comércios, habitações correctamente ventiladas.
Forte	Habitações com ocupação elevada, ventilação deficiente, recintos desportivos, cozinhas, cantinas, edifícios com aquecimentos a gás.
Muito Forte	Lavandarias, piscinas.

Assim, a humidade sobre sistemas de revestimento cerâmico consiste essencialmente:

- Na diminuição da resistência mecânica dos sistemas de fixação;
- Na expansão dos ladrilhos cerâmicos e que pode ser superior a 1 mm/m.

Este último fenómeno varia, efectivamente, com as características das argilas e com as temperaturas e tempo de cozedura.

Tabela 9 - Valores de expansão de revestimentos com humidade [2].

Tipo de ladrilho		Classificação	Expansão c/ humidade (mm/m)
ladrilhos	azulejo	A II b	0,6
	porcelânico	B I	< 0,6

- Ladrilhos (tipo A) – Extruídos, cuja pasta é conformada no estado plástico numa extrusora, sendo as peças cortadas com dimensões pré-definidas;
- Ladrilhos (tipo B) – Prensados a seco e formados a partir de uma mistura em pó fina e moída e conformada em moldes a altas pressões;
- Os ladrilhos podem ser vidrados (GL) ou não vidrados (UGL).

3.2. SEGURANÇA EM CASO DE INCÊNDIO

Pelas suas características de reacção ao fogo os revestimentos cerâmicos respeitam os requisitos da segurança em caso de incêndio, pelo que o seu uso não está condicionado pela reacção ao fogo, dado serem materiais que pertencem à classe de maior desempenho.

No entanto da actual legislação nacional os revestimentos cerâmicos, compreendem as seguintes classes:

- Classe M_0 → Materiais não combustíveis;
- Classe M_1 → Materiais não inflamáveis;
- Classe M_2 → Materiais dificilmente inflamáveis;
- Classe M_3 → Materiais moderadamente inflamáveis;
- Classe M_4 → Materiais facilmente inflamáveis.

3.3. HIGIENE, SAÚDE E AMBIENTE

A concepção e aplicação dos revestimentos cerâmicos deve ser sempre acautelada, para que os sistemas não constituam perigo para a higiene e saúde dos seus ocupantes, devendo por isso cumprir os requisitos relacionados com os fenómenos de:

- Libertação ou emissão de radiações ou substâncias nocivas por parte dos seus componentes, nomeadamente devido à possibilidade da libertação de chumbo;
- Formação e desenvolvimento de microorganismos nocivos, pelo que não devem ser excessivamente ásperos ou rugosos, permanecer húmidos por longos períodos de tempo, contribuindo ao desenvolvimento dos microorganismos, fenómeno que ocorre mais em parâmetros verticais voltados a norte e grande poluição atmosférica;
- Contribuírem para o controlo das solicitações de natureza higrotérmica, como sendo a temperatura, humidade relativa no interior das construções e a outras solicitações climáticas nomeadamente vento, chuva, neve ou gelo.

3.4. SEGURANÇA NA UTILIZAÇÃO

Na caracterização do risco quanto à utilização de uma construção, este pode resultar da colisão ou choque de objectos pertencentes à construção sobre os utilizadores, entendendo-se como importante evitar algumas características dos sistemas de revestimento tais como:

- Presença de arestas vivas ou cortantes como, por exemplo, em cunhais ou juntas de dilatação;
- Natureza das superfícies (dureza, rugosidade, etc.), em que as paredes acessíveis aos utentes não devem apresentar rugosidade ou saliências localizadas;
- Resistência aos choques, considerando-se como aceitáveis aos ensaios de choque aqueles materiais que não sofrem danos que comprometam o seu estado de conservação, durabilidade e aspecto exterior;
- Deve ter-se e conta o comportamento dos revestimentos cerâmicos face a outras forças associadas ao risco da queda dos elementos sobre os utentes das construções,

ou sobre as pessoas que junto a elas circulam, podendo ser avaliadas em função da resistência dos sistemas de fixação (por colagem mecânica), através de ensaios de corte com forças paralelas à superfície dos elementos ou por ensaios de arrancamento por tracção (forças perpendiculares à superfície dos revestimentos);

- Deve-se também proceder a ensaios de envelhecimento acelerado através de:
  - Ciclos de gelo ou degelo;
  - Acção do calor;
  - Efeitos da radiação UV;
  - Acção da Humidade,

  cujos parâmetros mais relevantes podem ser comparados com os resultados dos produtos enquanto novos.

3.5. PROTECÇÃO CONTRA O RUÍDO

São requisitos essenciais desta problemática que o ruído tenha níveis tais que não afecte, de forma gravosa, a sua utilização, salvaguardando a habitabilidade em condições satisfatórias. Deste modo, deve-se na concepção/execução da construção garantir:

- Protecção do ruído exterior;
- Protecção do ruído nos espaços interiores da proveniente dos espaços fechados;
- Protecção do ruído emitido por equipamentos;
- Protecção do ruído resultante da reverberação excessiva (efeito de eco);
- Protecção do ambiente contra o ruído emitido por fontes interiores da construção.

Na acústica de edifícios definem-se dois tipos de ruído caracterizados por:

- Sons de percussão - decorrentes de acção de choque aplicados directamente sobre os elementos de construção;
- Sons aéreos - quando a origem da emissão não se aplica directamente sobre os elementos de construção.

Assim, a influência do ruído de condução aérea nos sistemas de revestimento cerâmico, em parâmetros verticais, resulta essencialmente na reverberação excessiva dos espaços. De facto, pode salientar-se que um revestimento cerâmico é muito pouco absorvente ao som, quando aplicado sobre um suporte rígido, dando origem em espaços interiores à reverberação (eco). Torna-se um facto que as boas características de absorção acústica dos sistemas de revestimento interiores, em que os paramentos verticais são recobertos de matérias cerâmicos, ficam dependentes de outros agentes, como o mobiliário e outros objectos (chamando-se à atenção do regulamento dos requisitos dos edifícios).

Por outro lado, a absorção de ruídos de percussão (como o som de passos em pavimentos de mosaico) também muito fraca, dada a dureza destes materiais. Pelo que subjacente a estes revestimentos deve ser aplicado um material auxiliar, com capacidade de dissipação de ruídos de percussão.

3.6. ECONOMIA DE ENERGIA E ISOLAMENTO TÉRMICO

Na concepção de um edifício deve ter-se me conta as condições de conforto térmico no seu interior, sem gasto excessivo de energia activa, face às condicionantes climáticas. O contributo dos sistemas de revestimento cerâmico para este objectivo é mínimo, excepto para os sistemas que são concebidos com isolamento térmico (sistemas de fachada ventilada).

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, RCCTE, impõe requisitos para a utilização de materiais de isolamento térmico na envolvente dos edifícios, recomendando-se para as fachadas ventiladas, ou outro elemento envolvente opaco dos edifícios, a selecção do isolamento térmico em função do nível de qualidade a exigir.

Relativamente às pontes térmicas os sistemas de revestimento cerâmicos não influenciam directamente no tratamento das mesmas.

Tabela 10 - Níveis de qualidade térmica da envolvente opaca dos edifícios [2].

Nível de Qualidade	$x = K / k_{ref}$
N_1	$x > 0,9$
N_2	$0,7 < x \leq 0,9$
N_3	$0,5 < x \leq 0,7$
N_4	$x \leq 0,9$

Em que:

- k → coeficiente de transmissão térmica;
- k_{ref} → coeficiente de transmissão térmica de referência indicativo de uma qualidade mínima.

IV – PATOLOGIA DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM PARAMENTOS VERTICAIS

No âmbito da patologia dos sistemas dos revestimentos cerâmicos, alguns dos problemas mais frequentes em paramentos verticais são [6]:

- Descolamento e empolamento;
- Fissuração;
- Eflorescências;
- Aspecto visual.

As patologias acima referidas são as que têm maiores consequências nos paramentos exteriores porque, salvo raras excepções, são as provenientes das maiores solicitações a que estes estão sujeitos. Estas são de origem quer climáticas, quer mecânicas, o que obriga a maiores exigências no que diz respeito à escolha do material e, sobretudo, na execução dos edifícios.

4.1. DESCOLAMENTO E EMPOLAMENTO

Neste tipo de patologia podemos encontrar dois tipos de deficiências:

- Descolamentos localizados (pontuais), normalmente relacionados a deficiências de aplicação ou de suporte em pontos específicos;

4.1.1. Causas dos descolamentos localizados

Podem ser originados por:

- Pequena fissura local - Zona de concentração de tensões na parede, em que se a resistência da ligação for bastante superior à resistência dos ladrilhos, estes não descolam mas fissuram. A entrada de água no suporte ou em zonas de remate poderá alterar a garantia de uma boa colagem. De referir, ainda, a constatação deste tipo de patologia devido à deficiente mão-de-obra, ou erros na sua aplicação, associados ao uso das argamassas cimento-cola inadequadas, assentamento para além do tempo de

início de endurecimento/abertura (devido a amassaduras não compatíveis com o ritmo de aplicação);

- Geometria da parede que nem sempre é a melhor.

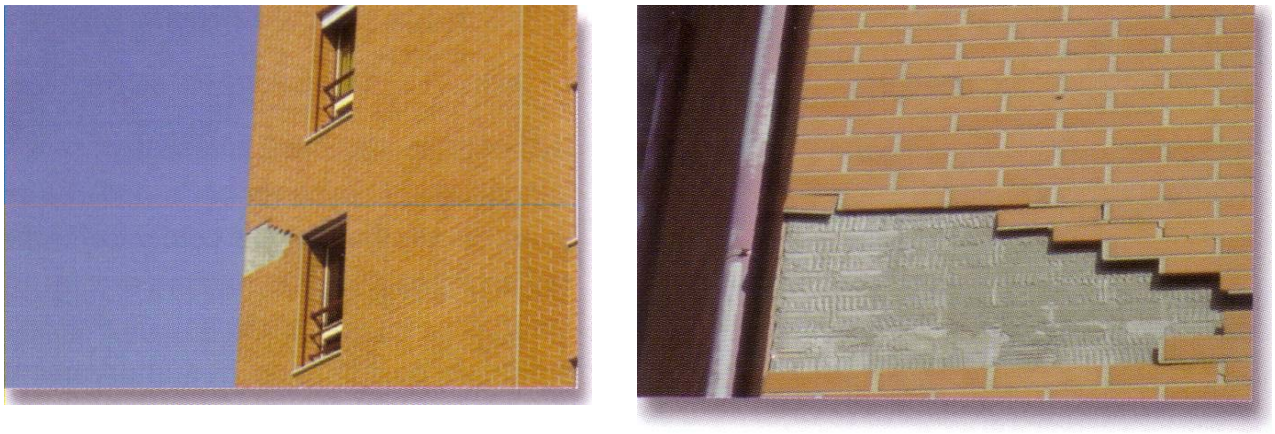


Fig. 7 - Deslocamento localizado com início no cunhal, eventualmente devido à entrada de água ou à expansão transversal da aresta [2].

4.1.2. Causas do descolamento generalizado (descolamento com empolamento)

Os descolamentos associados ao empolamento são devidos à significativa expansão irreversível das peças cerâmicas, não compensada pelas designadas:

1. Juntas estruturais, que compensam os movimentos próprios do esqueleto do edifício;
2. Juntas de assentamento, entre as próprias peças cerâmicas, sem largura e espaçamento compatíveis. De facto, estas juntas tem que ter em conta que a parede de uma fachada é composta por camadas de diferentes materiais, com coeficientes de expansão/contracção diferentes e, consequentemente, sujeitos a solicitações de carácter higrotérmico. Assim, constata-se a existência de movimentos diferenciais em funcionamento no conjunto dos diversos tipos de material (camadas do paramento).

Sobre estes importantes fenómenos temos que referir:

- Que estes movimentos criam tensões de corte elevadas, que só poderão ser absorvidas com ligações de elevada resistência, boa elasticidade e juntas com capacidade de acomodar esses movimentos;

- Que os movimentos diferenciais devidos à acção da humidade (reversíveis ou irreversíveis), têm tendência a agravar-se por eventual falta de estanquidade progressiva do paramento e consequente humidificação do suporte;

- Quando um sistema de revestimento cerâmico é feito sobre um reboco armado, ou a ligação entre ladrilhos é muito resistente, uma deformação acentuada e uniforme dessa estrutura, ou parede de suporte, pode originar o empolamento e descolamento sem fissuração prévia.

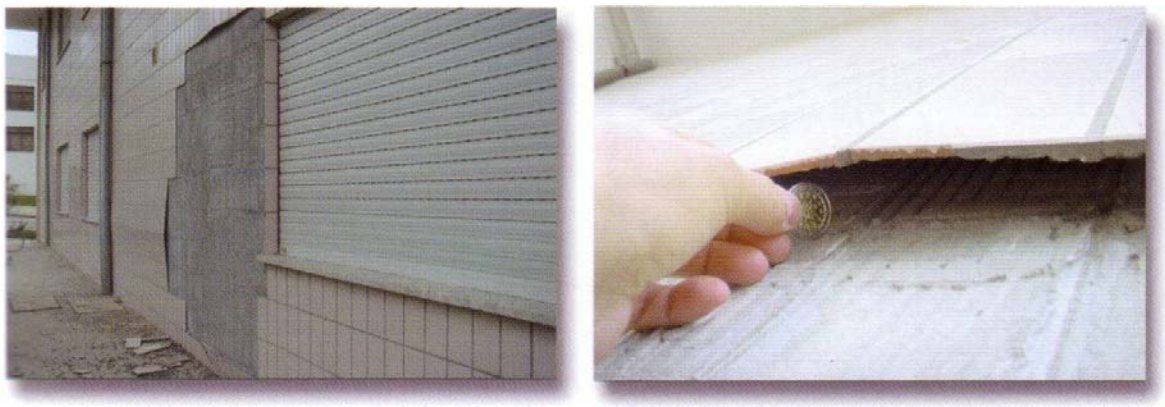


Fig. 8 - Deslocamento com empolamento grave, indiciando elevados valores de expansão irreversível e juntas demasiado fechadas e/ou rígidas [2].

Os defeitos relacionados com a falta de resistência do produto de assentamento, ou da sua fraca aderência ao suporte, constitui um factor de agravamento para o descolamento com empolamento.

Sem empolamento os descolamentos generalizados estão normalmente associados à deficiência da camada adesiva. Isto quer por falta de qualidade, à sua inadequação à função, ou à má aplicação.

4.1.3. Outras causas que contribuem para os descolamento dos revestimentos cerâmicos em paredes

Para além do tipo e causas dos descolamentos de revestimentos cerâmicos atrás referidos, existem outras que por si só, ou de forma conjugada, originam a possibilidade de descolamentos em paredes, como sejam [11]:

- A reduzida elasticidade do produto de colagem;
- Áreas de revestimento demasiado extensas;
- Contacto incompleto dos ladrilhos com a cola, principalmente nos limites periféricos das zonas de trabalho;
- Zona de transição entre suportes distintos;
- Suportes irregulares, sujos e pulverulentos;
- Falta de pressão sobre o ladrilho no acto de assentamento;
- Falta de planeamento do trabalho e deficiente qualificação de mão-de-obra.

4.1.4. Principais consequências do descolamento

Como principais consequências dos empolamentos temos:

- Queda do material originado perigo de danos humanos e materiais (situação agravada em edifícios de altura);

- Criação de condições para a entrada de água para o suporte e para a interface de colagem, com risco de para de descolagem progressiva e acelerada do revestimento (através de fissuras, peitoris, platibandas, etc.);

- Degradação do aspecto visual e criação de sensação de insegurança.

Fig. 9 - Deslocamento com empolamento grave, indiciando elevados valores de expansão irreversível em cunhal de edificação [2].

4.2. FISSURAÇÃO

A fissuração dos revestimentos cerâmicos é consequência, em geral, dos movimentos do suporte, acompanhados ou não da fissuração do próprio suporte. Tem como origem:

1. Movimentos incompatíveis com a elasticidade da argamassa de colagem;
2. A resistência à tracção das peças cerâmicas;
3. A dimensão das juntas.

Esta patologia é comum nos casos de:

- Paredes esbeltas ou mal apoiadas;

- Assentamentos diferenciais das fundações;
- Expansão de coberturas;
- Descolamentos diferenciais em cunhais.

Convém referir que a fissuração do revestimento cerâmico, devido aos movimentos do suporte, não significa que o suporte tem movimentos excessivos, ou que o revestimento é frágil, concluindo-se pois que este é um problema resultante de dois sistemas que têm deformações e capacidade de deformação incompatíveis, podendo-se considerar de um erro de concepção.

Fig. 10 - Fissura do suporte (reboco espesso) na transição entre a estrutura e a alvenaria, afectando o revestimento [2].

Fig. 11 - Fachada muito exposta à intempérie e muito degradada com fissuração, entrada de água e posterior queda de revestimento [2].

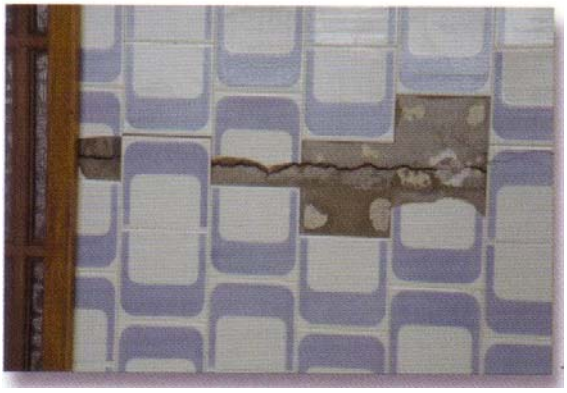


Fig. 12 - Fissuração acentuada devido à deformação da viga de grande vão, com descolamento do azulejo [2].

Fig. 13 - Fissura que acompanha o desenho das juntas (não alinhadas) do azulejo, evidenciando descolagem num dos bordos da fissura [2].

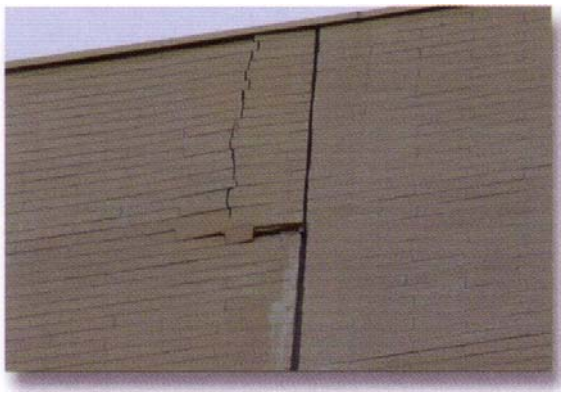


Fig. 14 - Junta de dilatação estrutural com funcionamento não eficaz para o revestimento [2].

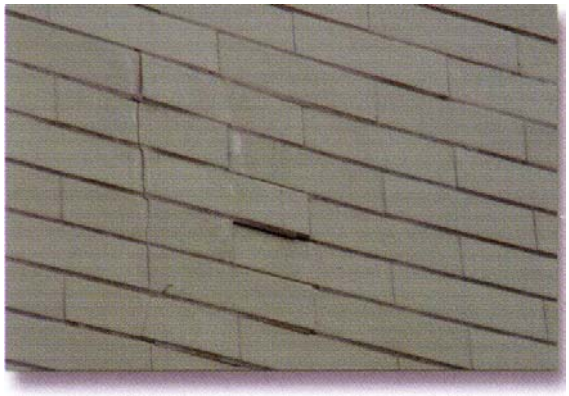


Fig. 15 - Fissuração e empolamento em panos de grande dimensão sem juntas de esquartelamento [2].

Fig. 16 - Fissuras em parede de vários andares sobre consola, apesar da sua aparente rigidez [2].

Fig. 17 - Fissuração sobre parede deformada devido aos movimentos da estrutura, acentuada pela sujidade acumulada na fissura [2].

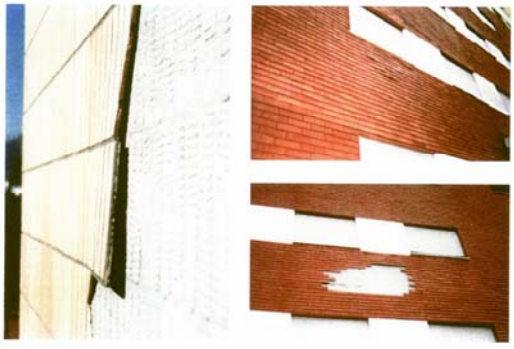


Fig. 18 – Empolamento e destaque de placagem cerâmica [2].

Fig. 19 – Empolamento, fissuração e destaque de placagem cerâmica [2].

Tabela 11 - Patologias mais correntes em paramentos revestidos [9].

Tipo de Patologia	Sintomas	Factor / Causas
Descolamento	Perda de aderência com ou sem empolamento	– Movimentos diferenciais no suporte-sistema (movimento da própria fachada); – Inexistência de uma camada homogénea reguladora da planeza do suporte e absorção dos esforços; – Falta de Juntas elásticas para movimentos térmicos; – Deficiências do suporte (falta de limpeza, planeza e porosidade); – Selecção incorrecta do tipo de argamassa-cola; – Redução das características de aderência dos materiais; – Aumento dos esforços razantes, devido ao enrijecimento progressivo do material de suporte e adesivo.
Fissuração	Fissuras que cortam transversalmente os ladrilhos	– Fendilhação do suporte ou movimentos do suporte /revestimento provocando tracção nos ladrilhos; – Contracção ou expansão excessiva do produto de assentamento; – Rotura provocada por esforços de flexão em ladrilhos deficientemente colocados.
Enodoamento prematuro	Manchas na face útil dos ladrilhos	

4.3. EFLORESCÊNCIAS

Chamam-se eflorescências aos depósitos que se formam nas argilas e nos tijolos crus (Verduch et al.). No entanto, e no que se refere aos materiais cerâmicos de construção, eflorescências são fenómenos de deposição de sais, sob diversas formas e constituições, à superfície dos materiais cerâmicos e das argamassas.

Na Tabela 12 apresentam-se as eflorescências mais comuns nos materiais de construção e a sua origem mais provável. A colagem de peças cerâmicas em fachadas, em geral peças cerâmicas de grés, torna as fachadas, de uma forma geral, impermeáveis à água. Porém, é comum surgirem eflorescências brancas emergentes através das juntas de colocação das peças cerâmicas.

O principal problema relacionado com as eflorescências em fachadas é o efeito inestético. Ainda assim, o processo de cristalização de sais à superfície de materiais porosos, tais como cerâmica porosa e placas pétreas, pode originar tensões que conduzem à degradação e

envelhecimento dos materiais de revestimento, por alteração das suas propriedades físico-químicas e mecânicas.

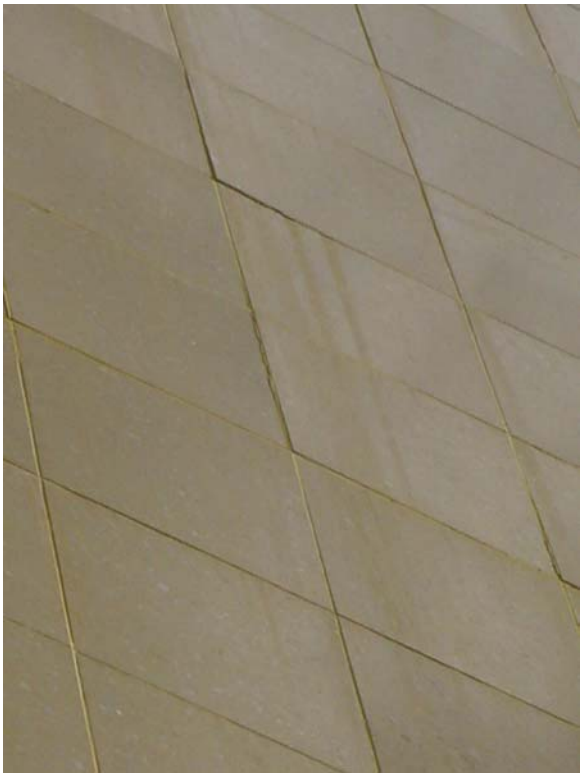


Fig. 20 – Eflorescência caracterizada por corrimento de água com sais dissolvidos [2].

Vários autores, entre os quais Goldberg, referem que as causas para o surgimento das eflorescências se devem a três tipos de factores:

1. A presença de sais solúveis;
2. De água durante largos períodos de tempo;
3. Uma força de transporte, seja ela de origem gravítica, capilar, pressão hidrostática ou evaporação.
4. A eflorescência inicia-se com um sal que se dissolve na água e, posteriormente, esta solução salina é transportada por gravidade, capilaridade ou outra força, até à superfície exposta ao ar. Ao chegar a esta superfície a água de dissolução evapora-se, depositando-se aí um sal que constitui a eflorescência.

Tabela 12 - Eflorescências mais comuns nos materiais de construção e sua origem mais provável [10].

Principais sais eflorescentes		**Origem mais provável**
Sulfato de cálcio	$CaSO_4 . 2H_2O$	Tijolo
Sulfato de sódio	$Na2SO_4 . 10H_2O$	Reacções tijolo - cimento
Sulfato de potássio	K_2SO_4	Reacções tijolo - cimento
Carbonato de cálcio	$CaCO_3$	Base em argamassa ou betão
Carbonato de sódio	Na_2CO_3	Argamassa
Carbonato de potássio	K_2CO_3	Argamassa
Cloreto de potássio	KCl	Limpeza com ácido
Cloreto de sódio	NaCl	Água do mar
Sulfato de vanádio	VSO_4	Tijolo
Cloreto de vanádio	VCl_2	Limpeza com ácido
Óxido de manganésio	Mn_3O_4	Tijolo
Óxido de ferro	Fe_2O_3 ou Fe(OH)	Contacto com aço ou tijolo com núcleo preto
Hidróxido de cálcio	$Ca(OH)_2$	Cimento

As eflorescências também se podem produzir por debaixo da superfície dos elementos do revestimento da fachada, sejam eles cerâmicos ou pedra natural.

A possibilidade de se formar este tipo de eflorescência existirá sempre que os materiais base, cujo ligante principal seja o cimento, estejam em contacto com agentes climatéricos. Todavia, podem existir algumas fontes de sais solúveis que poderão ser controladas ou eliminadas na sua totalidade, como é o caso das eflorescências que tem origem nos sais transportados pelos inertes utilizados para produzir as argamassas. Este é um dos motivos pelo qual as areias utilizadas para produzir argamassas industriais são lavadas.

A fonte mais comum das eflorescências de carbonato de cálcio provém dos materiais que contém cimento Portland, como o betão, rebocos e todos os tipos de argamassas utilizadas para

fazer a colagem de cerâmica em fachadas. O mesmo caso sucede com muitas as argamassas utilizadas para fazer o preenchimento das juntas de colocação.

Um dos produtos da reacção de hidratação do cimento Portland é o hidróxido de cálcio (Portlandite), que é solúvel na água. Se os materiais à base de cimento ficam expostos à água durante longos períodos de tempo, esta água vai dissolver o hidróxido de cálcio e transportá-lo até à superfície do revestimento da fachada.

Uma vez atingida a superfície do revestimento a água de dissolução vai evaporar-se e a reacção do hidróxido de cálcio com o dióxido de carbono, presente na atmosfera, origina as eflorescências de carbonato de cálcio.

Fig. 21 - Eflorescência em zona localizada que constitui caminho de escorrência priviligeado da água da chuva [2].

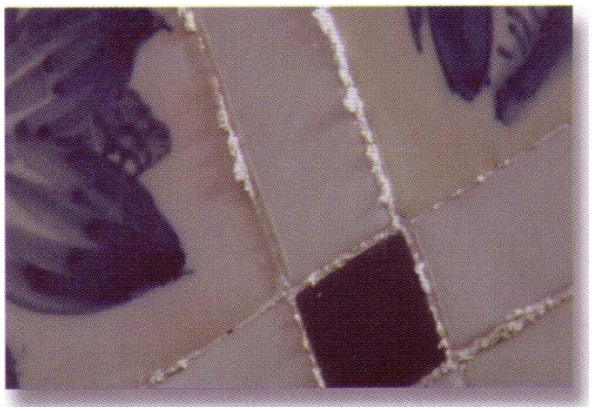


Fig. 22 - Refluxo de sais pelas juntas de azulejo em edifício antigo, devido a humidades ascensionais do terreno [2].

+

Fig. 23 - Eflorescência grave embora comum em placagens cerâmicas, ou mesmo em paredes exteriores de tijolo cerâmico maciço [2] .

V – SOLUÇÕES

De tudo o que foi referido existem diversos factores conjugados que afectam efectivamente a aderência dos sistemas de revestimento colados, como sejam [4]:

- A acção da temperatura, da humidade, dos ciclos de gelo-degelo e choque térmico que, pelos seus diversificados efeitos/esforços, condicionam a resistência do sistema suporte/ladrilho;
- As características dos ladrilhos (rigidez, dimensões, cor, etc.) que condicionam ou determinam as suas deformações face às tensões que são geradas no sistema;
- A atenção ou cuidados a que cada caso requer na aplicação.

A grande dificuldade na avaliação de todos estes efeitos, e o seu correlacionamento, leva a um conjunto de disposições construtivas cujas garantias de bom comportamento têm sido constatadas na prática, baseando-se essas disposições em:

- Selecção do tipo de ligante/argamassa mais adequado;
- Correctas dosagens dos vários intervenientes das argamassas;
- Correctas espessuras e cuidados de aplicação;
- Características das juntas entre ladrilhos.

5.1. COMPATIBILIDADE DO SUPORTE

Os sistemas de revestimento com ladrilhos cerâmicos devem ser compatíveis com os seus suportes, do ponto de vista mecânico geométrico e químico.

A compatibilidade mecânica está relacionada com o módulo de elasticidade e a resistência à tracção do sistema suporte/ladrilho, de forma a evitarem-se tensões instaladas com resultantes díspares provocando as referidas patologias.

Assim, neste âmbito a melhor solução com vista a serem evitados, tanto quanto possível, as avarias referidas, assenta no princípio da prevenção que, como a palavra indica, é a antecipação

de algo previsto ou em vias de acontecer. Deverá ter esta prevenção deve ter o seu início na elaboração do projecto de construção/execução.

Neste âmbito o projectista deve definir do ponto de vista exigêncial:

- Os materiais a aplicar;
- As condições do suporte;
- Condições e técnicas de execução com ele compatíveis, na salvaguarda de controlo de qualidade do sistema do revestimento.

Omitir estes princípios implica, com certeza, a omissão da qualidade, o sintoma do improviso e a incerteza dos bons resultados. Com este procedimento descuidado aumenta, naturalmente, a grande probabilidade de surgirem problemas a curto e médio prazo.

5.2. ACÇÕES PARA SE EVITAR OU DIMINUIR O EFEITO E O EMPOLAMENTO

Como princípios gerais para diminuir, ou mesmo eliminar, problemas de empolamento na aplicação de materiais cerâmicos referem-se os seguintes [8]:

- O material a aplicar no sistema (ladrilhos, argamassas, tipo de fixação, tipo de juntas e se preenchimento) deverá estar bem definido pelo projectista, face às condições específicas da obra, com materiais certificados, caracterizados e compatíveis com o suporte;
- O tipo e dimensão de juntas entre ladrilhos devem ser definidas em função das características do material, com especial atenção aos ladrilhos de barro vermelho ou grés extrudido. Como regra geral das juntas devem ser realizadas num padrão de 4 a 5mm em cada direcção, tanto vertical como horizontal (salvo se cálculos justificados conduzirem a outro espaçamento);
- Devem ser executadas juntas de esquartelamentos intersectando todo o sistema, incluindo a camada de assentamento, adequando aos movimentos diferenciais;
- Respeitar juntas de dilatação da estrutura;

- Boa planificação do assentamento, nomeadamente o seu ritmo, o tempo de início de endurecimento/abertura das argamassas, as condições atmosféricas e as condições do suporte;
- Ter a zona de suporte dos ladrilhos limpos com elevado grau de planeza e não demasiado jovens;
- O material ou produto de colagem deve cobrir integralmente o tardoz do ladrilho;
- Compatibilizar as condições de colagem e de aplicação às características de absorção dos ladrilhos.

5.3. ACÇÕES PARA EVITAR OU DIMINUIR O EFEITO DE FISSURAÇÃO

Esta patologia está directamente relacionada com a limitação dos movimentos e da fissuração do suporte.

A experiência revela que em paredes construídas sobre vigas ou fundações muito deformáveis o risco de fissuração dos sistemas de suporte-ladrilho é elevado.

Assim, as técnicas de prevenção a esta patologia baseiam-se essencialmente em:

- Evitar que movimentos estruturais existam do edifício;
- Evitar a deformação do suporte da parede;
- Ter caracterizado o tipo de suporte para o revestimento a colocar;
- Evitar descolamentos do suporte;
- Os suportes dos revestimentos cerâmicos deverão ser estáveis, homogéneos, secos e livres de qualquer impureza, perfeitamente plana e sem curvatura.

Os suportes de betão devem apresentar uma face isenta de produtos de descofragem, devendo ser limpa por decapagem com jacto abrasivo de areia ou água a alta pressão, apresentando planeza, verticalidade, etc.

Os suportes à base de cimento devem secar em períodos mínimos que vão de 4 semanas a 6 meses, dependendo da sua espessura e condições atmosféricas.

Os suportes à base de gesso devem secar pelo menos 4 semanas secando completamente.

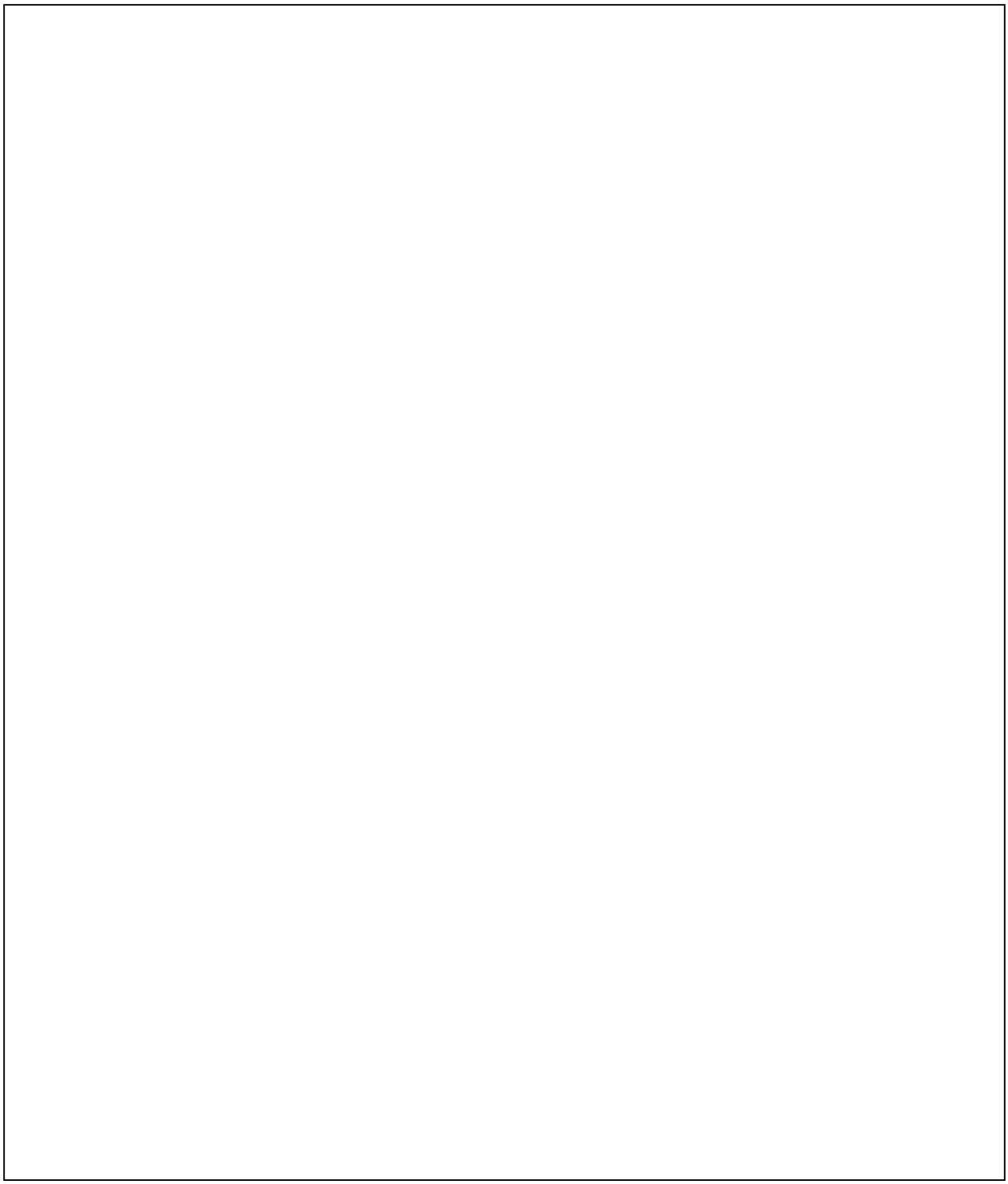


Fig. 24 – Juntas de dilatação [6].

As dimensões dos ladrilhos têm limites no que diz respeito à sua aplicação por colagem, sendo que:

- Em paredes revestidas com ladrilhos de absorção de água inferior a 0,5 % é de 0,20 m^2.
- Em paredes revestidas com ladrilhos de absorção de água superior a 0,5 % é de 0,36 m^2.

Tabela 13 – Espessuras recomendadas para juntas entre ladrilhos fixos por colagem [2].

Superfície a revestir	Tipo de ladrilhos	Espessura mínima das juntas entre ladrilhos [mm]
Paramentos interiores	Prensados a seco	
	S ≤ 0, 5 m2	2
	S > 0,5 m2	3
Paramentos exteriores	Ladrilho e plaquetas de terracota e	6
	ladrilhos extrudidos	4

As juntas entre ladrilhos deverão ser indicadas pelo fabricante, em função do tipo de aplicação e das suas características, nomeadamente deformidade pelas condições higrotérmicas.

5.4. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO

O diagnóstico consiste na determinação das causas das anomalias/patologias das construções a partir das suas manifestações e consequências.

Face à conjugação dos diversos factores é um processo complexo e com alguma percentagem de imprecisão, ao longo do ciclo de vida de uma construção, apesar dos avanços científicos e tecnológicos que se tem verificado.

Tabela 14 – Condições para satisfazer paramentos (exter. / inter.) com sistemas de colagem [6].

Característica	Tipo de suporte	Exigência	Observações
Planeza	Alvenaria rebocada ou betão com acabamento de superfície cuidado	- planeza geral: desvios ≤5mm, avaliados sob régua de 2m; - planeza localizada: desvios ≤2mm, avaliados sob régua de 0,20 m	—
	Betão com acabamento de superfície corrente	- planeza geral: desvios ≤7mm, avaliados sob régua de 2m; - planeza localizada: desvios ≤2mm, avaliados sob régua de 0,20 m	Desvios de planeza compatíveis apenas com argamassas-colas espessas de endurecimento hidráulico
Estado de limpeza (coesão, limpeza)	Qualquer	A superfície dos suportes deve ser coesa e estar isenta de produtos que possam prejudicar a aderência	—
Idade (período mínimo de tempo que deve decorrer entre a conclusão do suporte e o início da execução do revestimento)	Alvenaria rebocada	≥ 3 semanas	Em paramentos interiores de paredes, o período de espera pode ser reduzido para um mínimo de 48 horas, excepto no caso das colas de ligante orgânico que terá que ser sempre ≥ 3 semanas
	Betão	≥ 2 meses	—

Nota: Em paramentos exteriores não são utilizáveis argamassas-colas de ligante orgânico.

A técnica mais elementar de diagnóstico é feita através da observação sistemática dos sintomas/manifestações das anomalias e da construção em que se verificam, de forma a compreender os mecanismos físicos e químicos que lhes deram origem estabelecendo relações causa-efeito.

O processo constata limitações das quais se realçam as principais:

- Dificuldade do estabelecimento das relações biunívocas entre a causa e defeitos;
- Dificuldade, ou mesmo impossibilidade, de se proceder ao fiel currículo da construção, nomeadamente tipos de materiais, modo de execução, qualificação de mão-de-obra, condições atmosféricas suportadas, etc.

6. Materiais cerâmicos mais correntes (PROVISÓRIO – NÃO REVISTO)

A utilização de Materiais Cerâmicos vai desde o tijolo comum até a combustíveis nucleares, electrocerâmicos, isoladores e semicondutores, piezoeléctricos e ferroeléctricos, entre outros.
Muito embora cientes da importância destes, passaremos a distingui-los como cerâmicos especiais e trataremos unicamente dos cerâmicos correntes, daqueles com que o Engenheiro e o Arquitecto se encontram todos os dias.
Como sabemos, são bem distintas as características dos materiais cerâmicos, variando com a matéria prima empregada, a preparação a que foram sujeitos e o acabamento que levaram. Digamos que, para cada objectivo temos um cerâmico adequado.
Isso acontece porque a estrutura interna e externa, destes materiais, pode apresentar-se de forma diversa.

Podemos classificar estes materiais quanto:

À sua estrutura interna em:

- *Vidrados;*
- *Não Vidrados.*

À sua estrutura externa em:

- *Porosos;*
- *Não Porosos.*

À sua utilização em:

- *Tijolos;*
- *Telhas;*
- *Refractários;*
- *Tijoleiras;*
- *Tubos de grés cerâmic;*
- *Mosaicos;*

- *Azulejos;*
- *Etc.*

Neste trabalho será adaptada a segunda classificação.

6.1. Produtos Porosos

Estes produtos constituem o ramo mais comum dos materiais cerâmicos, sendo normalmente conhecidos como materiais de barro vermelho ou barro comum também conhecidos por terra-cota[6].

Obtém-se produtos com baixa resistência (5 Kg/cm^2), facilmente pulverizáveis e produtos de massa compacta, com alta resistência (120 Kg/cm^2).

De forma geral a aparência destes materiais vai da cor amarela à vermelha, variando com a argila (calcário dá cor amarela, óxido de ferro da cor vermelha, e o sulfato de cálcio clareia a cor) e o cozimento (combustível com muito oxigénio dá cor vermelha, redutor rico em oxido de carbono dá cor amarela). A importância da cor só se faz sentir se indicar o material cru (cores desmaiadas ou miolos escuros) ou excesso de vitrificação (cores muito carregadas). Apresentam superfícies ásperas e porosas, pelo que a sua absorção é grande.

Ao receber este tipo de material em obra, pode-se pela simples observação e de forma expedita, conhecer-se a sua qualidade. Assim, se verificar grande número de peças partidas, é porque estamos perante um material fraco. Percutindo-se as peças, verifica-se que as bem cozidas dão um são limpo e claro. As que dão um som cavo, estão mal cozidas ou têm fissuras internas, se o som é muito agudo estamos perante uma peça demasiado cozida, o que também não é bom.

Dentro destes produtos os mais conhecidos na construção civil são:

- *tijolos;*
- *telhas*

[6] Do francês Terre-cuite – terra cozida.

- *tijoleiras;*
- *refractários;*
- *faianças (ex: azulejos).*

6.1.1. Tijolos

Havendo-os de vários tipos e dimensões, são conjuntamente com as telhas, os produtos cerâmicos mais comuns na construção civil.

È indispensável para sua utilização conhecerem-se as dimensões que o mercado oferece, as deformações a que estão sujeitos, sua resistência à compressão, e comportamento perante a existência de sais solúveis.

A recepção dos tijolos pode ser observada sem recurso a ensaios laboratoriais:

- conferir a identificação do fornecedor, tipos e dimensões, aparência (bem conformados, adequadamente cozidos, isentos de defeitos de fabrico[7]) e toque ao qual deve revelar boa sonoridade.

Deve ser consultada a norma NP – 80 – Tijolos para alvenaria, onde se pode saber um pouco mais sobre as suas características e ensaios (compressão, eflorescência, determinação do teor total de sais, de absorção de água), que passamos a descrever sucintamente:

Ensaio à Compressão

• Regularização das superfícies de contacto com o tijolo com a prensa, com argamassa de cimento. Aplicação de uma placa de cartão para maior uniformização. Ensaio de compressão até à rotura. Leitura em Kgf para obtenção da tensão por divisão da força pela área da face. Definição das categorias A, B e C.

Ensaio de Eflorescência

[7] Fissuras, esfoliações, saliências e reentrâncias anormais.

• Colocação de aproximadamente meio tijolo numa tina com água destilada na qual o tijolo mergulha parcialmente. Verificação posterior do aparecimento ou não de manchas brancas de sais depositados.

Ensaio do Teor Total em Sais Solúveis

• Redução dos meios tijolos sobrantes do ensaio anterior por pulverização introduzindo-se esse material, depois de peneirado, num provete com água destilada após o que o produto é seco em estufa medindo-se a massa do filtrado seco.

Ensaio de Absorção de Água

• Com técnicas que incluem a imersão em água em ebulição e em água fria para obter o coeficiente de saturação dado pelo quociente da absorção de água fria pela absorção de água em ebulição.

Os adobos são tijolos que não sofreram cozedura, sendo simplesmente secados ao ar ou ao sol.

Os tijolos ordinários são feitos com argila comum e mesmo com algumas margas. São cozidos nos fornos, o que lhes dá dureza e resistência. A cor é geralmente vermelha.

Os tijolos refractários são preparados com argila quase pura e tem a propriedade de resistir a temperaturas elevadas sem se deformarem. A cor é branco-sujo.

Além desses encontram-se também os tijolos porosos, que se caracterizam pelo seu peso e são obtidos misturando, à argila comum, pó de carvão, serragem ou outro material combustível. Os tijolos ordinários dividem-se em maciços e furados.

Os tijolos furados, são também denominados ocos.

Tanto os tijolos maciços, como os furados, têm geralmente a forma de paralelepípedos, de várias dimensões, sendo que os furados apresentam ainda diversidade no número e no tamanho dos canais que os atravessam.

Um bom tijolo deve apresentar massa homogénea sem fendas, sem manchas; deve ser duro e

resistir a fortes pressões; ter formas regulares e uniformes para que as juntas tenham a mesma espessura e as fiadas a mesma altura. Não deve custar a cortar com a picadeira, deve ser sonoro quando tocado com a ferramenta, o que indica ter sido bem cozido; deve ter grão fino e apertado e não apresentar cavidades nem "cravos" de pedra ou de areia grossa.

O tijolo não deve absorver mais de (1\15) do seu peso de água; se absorver maior quantidade, deve ser rejeitado, por não fazer boa ligação com a argamassa.

Se ao ser metido em água, o tijolo se esfoliar é indício de má qualidade; pelo contrário, é um bom tijolo todo aquele que não funde ao ser mergulhado em água depois de aquecido ao rubro.

Tipos de tijolos

Existem três tipos de tijolos: tijolo maciço, tijolo furado, plaqueta cerâmica ou plaqueta de tijolo, tijolo perfurado.

. Tijolo maciço normal – O tijolo maciço ou tijolo burro é um tijolo que não tem furos, ou apenas um furo redondo aberto nos topos. As suas dimensões como na maioria dos tijolos de dois furos, não têm uma medida exacta, variando o comprimento de 22 a 24 cm, a largura de 10 a 11.5 cm, e a sua espessura de 6 a 7 cm.

fig. 7 - Tijolo maciço biselado com batentes
- Dimensões em (cm) : 20*10*5
20*10*7
- Disponível em várias cores

fig. 8 – Tijolo maciço, disponível em várias cores

. Tijolo maciço duplo – Este tijolo com as mesmas características do anterior, sendo o seu comprimento de 23 cm, largura de 14 cm e espessura de 11 cm.

. Tijolos furados – Há uma variedade enorme de tijolos furados, que vai desde os 2 furos até aos de 21 e mais furos, sendo os que contêm um número elevado de orifícios, geralmente providos de canal – orifício de maior dimensão.

fig.9 – Tijolo furado (disponível em várias cores e dimensões)

. Tijolos para pavimentos (Paver Cerâmico) – A utilização de pavimentos cerâmicos é uma prática com tradição milenar. Existem exemplos magníficos de pavimentos em argila cozida "terracota" que resistiram à passagem dos séculos apresentando ainda hoje um óptimo estado de conservação. A grande tradição cerâmica em vários países tem proporcionado materiais de elevada qualidade aptos à aplicação em pavimentos, tais como passeios, praças, jardins, ruas pedonais, ruas de tráfego condicionado, bem como certas vias sujeitas às mais duras condições de utilização e trabalho, mantendo inalteráveis as suas qualidades físicas e estéticas.

Existem duas espécies destes tijolos: os que se destinam ao fabrico de vigas formados por um vasto número destas peças, colocados topo a topo, mantidos em equilíbrio por um varão de ferro de cada lado dos mesmos, ligados a estes elementos cerâmicos por uma argamassa de cimento e areia, a um traço rico, ou por meio de betão.

A outra espécie constitui os elementos de enchimento entre viguetas de betão armado pré-esforçado ou pré-fabricado, e que constituem os elementos de cofragem dos

pavimentos nervurados.

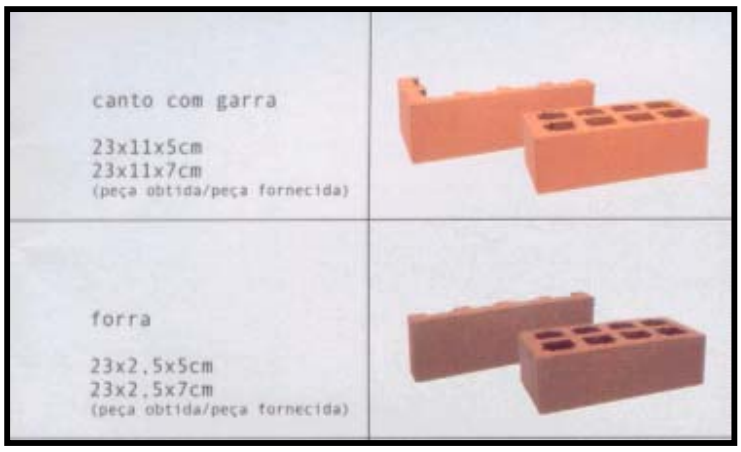
Fig. 11 – aplicação de paver cerâmico (pode ser aplicado de diferentes formas geométricas)

Além destes existem os tijolos de alvenaria com 3 cm de espessura e com 3 ou 4 furos.

Outros tijolos fabricados ao capricho dos industriais de cerâmica, tal como, os de cauda de andorinha, de dimensões pouco correntes, completam esse sem número de peças destinadas a paredes dos edifícios, ou a outros trabalhos mais grosseiros.

. Tijolo face-à-vista (TFV) - o tijolo face-à-vista é um material cerâmico de características estruturais e/ou de revestimento interior ou exterior. São fabricados com matérias-primas seleccionadas e cozidos a alta temperatura devidamente controlada, o que lhe confere uma elevada resistência mecânica a par de uma baixa sensibilidade às variações térmicas ambientais das construções, garantindo, por isso, uma maior longevidade comparativamente aos materiais tradicionais de revestimento.

A sua porosidade controlada, que resulta do processo de fabrico e das especiais matérias-primas utilizadas na produção, torna este material impermeável conferindo-lhe simultaneamente uma boa e elástica aderência à argamassa de assentamento, o que permite montagens perfeitas e estanques.



Este tipo de tijolo é fornecido com efeitos especiais

em relevo, areado, lavrado, picado, "flashing", etc., nas mais diversas colorações. A rusticidade que resulta das suas variantes de coloração que lhe são características, permite que o tijolo face-à-vista, seja perfeitamente integrado nos mais diversos estilos arquitectónicos e paisagísticos.

As características do tijolo face-à-vista são constantemente controladas em laboratório e permitem o uso ilimitado de revestimentos face-à-vista. Edifícios de grande e pequena dimensão; públicos ou privados; habitacionais ou industriais; em qualquer zona climática; grandes urbanizações ou particulares projectos arquitectónicos; qualquer tipo de construções pode ser enriquecido com este tipo de revestimentos.

Os tijolos face-à-vista é um material cerâmico caracterizado pelo baixo valor de absorção de água, resistência ao gelo e ausência de eflorescências de sais solúveis (manchas) e de inclusões calcárias. A baixa porosidade ou absorção de 3% a 7% (valores limites que é função da composição dos vários produtos) da massa dos tijolos aligeirados face-à-vista, que caracteriza o material, permite uma sólida ancoragem das argamassas de assentamento, ao mesmo tempo que lhes confere um excepcional comportamento às variações de dilatação e torna a parede perfeitamente estanque e enxuta. No entanto, podem ocorrer na caixa de ar interposta, particularmente ao nível do pavimento ou lages, infiltrações de água de vária natureza ou ainda fenómenos de condensação.

Para salvaguardar tais situações, é aconselhável proceder à aplicação de folhas de tela impermeável ancoradas a uma junta de parede interior, distendendo-se na vertical junto à parede interna, em altura aproximada de 3 fiadas contadas da primeira fila de assentamento dos tijolos face-à-vista aligeirado. A construção de goteiras situadas a este mesmo nível e convenientemente distanciadas entre si é aconselhável e complementam uma perfeita estanquicidade dos revestimentos face-à-vista.

As paredes simples (110 mm) ou duplas (110+110/230 mm), em tijolo face-à-vista aligeirado, resultam em soluções óptimas para o isolamento térmico. Além disso, constituem paredes resistentes, garantem uma elevada inércia térmica e um bom isolamento acústico.

Os valores de transmissão (K) expressas Kcal / (h m2 °C) das paredes duplas são determinados sobre a base da condutibilidade térmica de parede em face-à-vista de K= 0,38Kcal / (h m2 °C).

A utilização deste tipo de material, apresenta muitas vantagens o que permite um maior emprego na construção.

Seguidamente apresentam-se as suas vantagens:

- Vasta gama de medidas e colorações;
- Resistência aos agentes atmosféricos;
- Resistência aos ácidos;
- Resistência ao gelo,
- Resistência ao fogo;
- Resistência ao uso;
- Volume de ocos no tijolo perfurado (18 furos = 37%);
- Elevada inércia térmica;
- Eficácia de combinações com elevado poder de isolamento térmico e acústico;
- Elevada resistência mecânica à compressão;
- Disponibilidade do material;
- Facilidade de emprego;
- Economia;
- Variedade de soluções estética.

Peças - Tijolo face à vista (TFV)

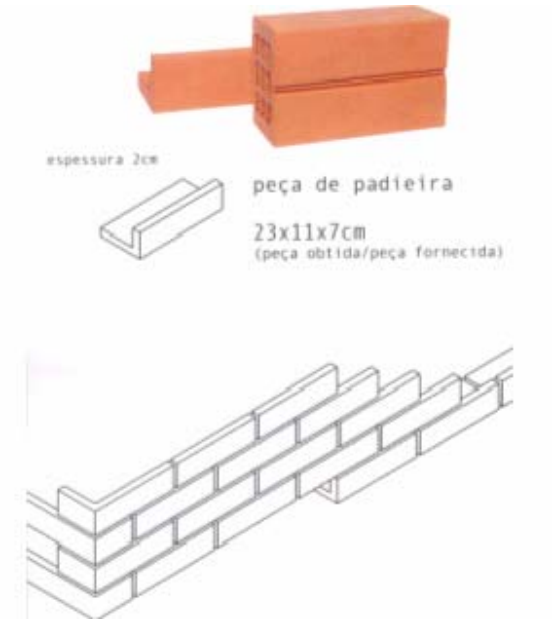


fig. 10 – Peça de padieira

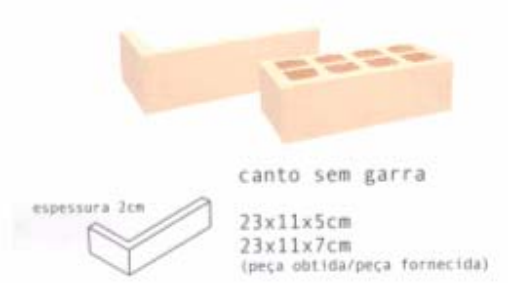


fig11. – (TFV)/Canto sem garra

Regras de assentamento do (TFV)

Designa-se por assentamento o sistema de união dos tijolos que permite obter uma resistência adequada. Seja qual for o tipo de assentamento, as recomendações seguintes devem ser adoptadas:

. Aplicar sempre que possível tijolo inteiro e ½ tijolo

. As juntas verticais devem ser sempre perpendiculares ao alinhamento da parede

. Os tijolos devem colocar-se de modo a interromper as juntas (em contrafiada), ou seja, a união deve coincidir com a união dos tijolos da camada seguinte.

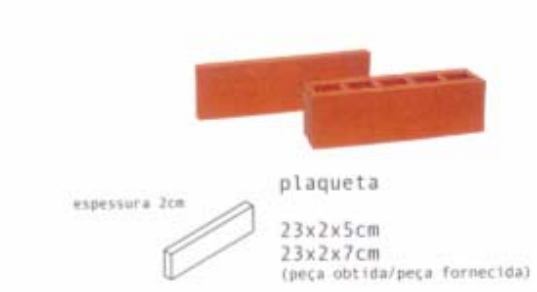
. De acordo com o assentamento adoptado, aplicam-se fracções de tijolos no início da parede, que podem ser de ¾, de ½ ou ¼ .

Principais Tipos de Assentamento

. Existem muitos e variados tipos de assentamento para o TFV. Normalmente, varia

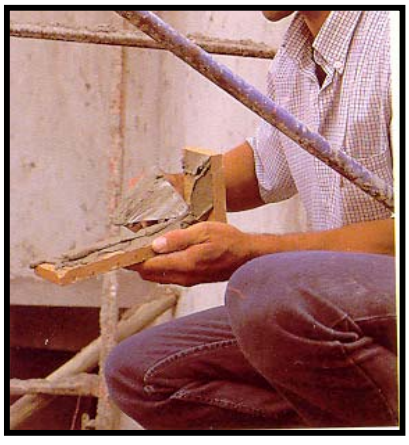
muito de País de País, ou entre diferentes regiões de alguns Países, com maior ou menor tradição em utilização deste tipo de revestimento exterior, embora um dos principais tipos de assentamento, é sem dúvida a parede a meia vez ou muro de meia peça em que a parede é formada por tijolos colocados ao baixo, de forma que a largura corresponda à espessura da parede (11cm), normalmente, arranca-se com um tijolo nas fiadas ímpares e com meio tijolo nas fiadas pares.

. Plaqueta cerâmica ou plaqueta de tijolo – Sempre que se pretende obter uma imagem de revestimento em tijolo face à vista, mas em que não é possível aplicar o (TFV), podem utilizar-se as plaquetas de tijolo com apenas 2 cm de espessura. Seja por motivos de falta de espaço ou porque já existe uma segunda parede construída é possível, recorrendo a uma colagem técnica, utilizar plaquetas de tijolo, peças de canto sem garra e peças de padieira, par conferir à obra uma imagem de grande qualidade muito semelhante à do (TFV).



<u>Aplicação de Plaquetas</u>

Para uma boa imitação de tijolo face à vista deve aplicar-se a plaqueta com os respectivos acessórios: cantos (sem garras) e peças de padieira. As juntas verticais e horizontais devem ser sempre superiores a 10 mm, nunca devendo ultrapassar os 20 mm (valor médio recomendado 13 mm), uma vez que o material não é calibrado as juntas variam consoante a zona de aplicação.



- a fixação das plaquetas (montagem - aplicação por colagem), e respectivos acessórios deve realizar-se com uma cola técnica (cimento cola de ligantes mistos) específica para aplicação em exteriores. **Nota:** A cola a utilizar deve ter como características, ser muito flexível, ter uma elevada aderência ao suporte, não libertar carbonatos e ser resistente ao gelo.

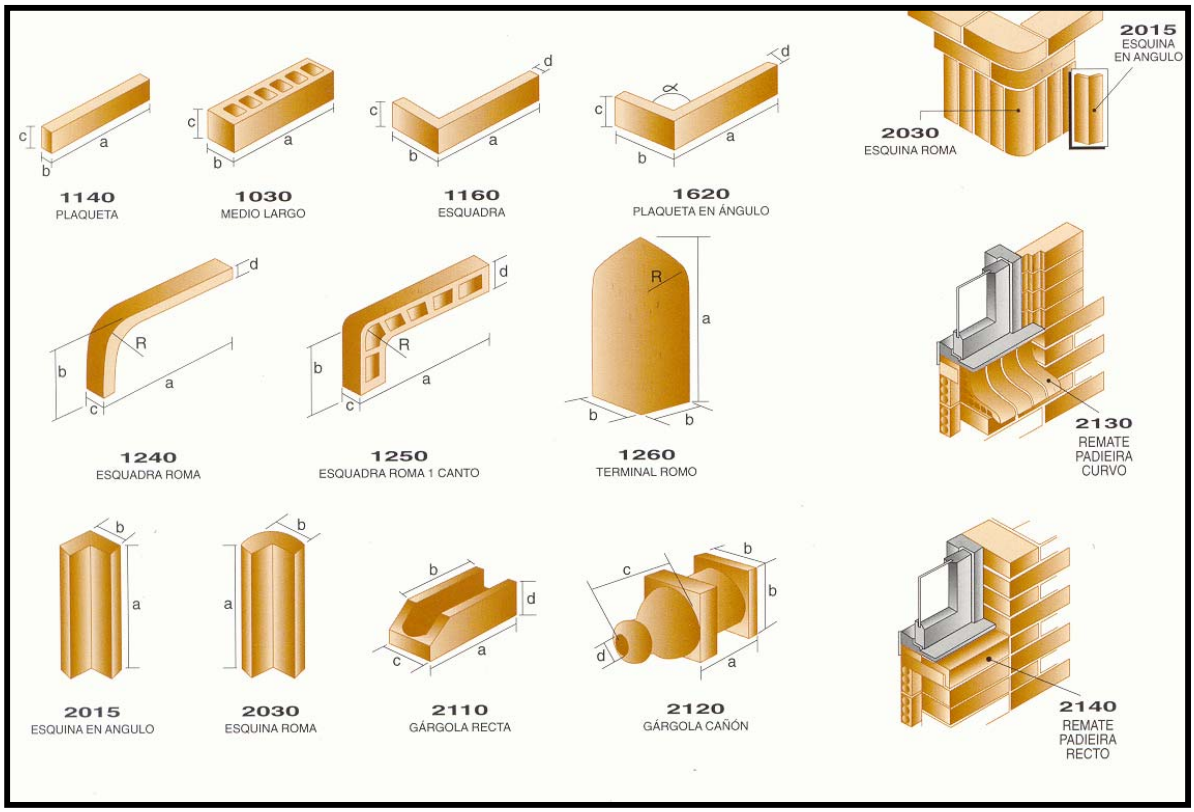


fig.12 – Plaquetas – *Peças Especiais*

	Cod.	A	B	C	D	R
Plaqueta	1.140	24	2	(1)		
Esquadra	1.160	24	11,5	(1)		
Medio largo	1.030	24	5,75	(1)		
Esquadra Roma	1.240	24	11,5	(1)	2,5	
Esquadra Roma 1 canto	1.250	24	11,5	(1)	6,5	
Terminal Romo	1.260	24	11,5	(1)		
Plaqueta en angulo	1.620	24	11,5	(1)	2,5	(2)

	Cod.	A	B	C	D	R
Esquina en ángulo	2.015	24	5			
Esquina Roma	2.030	24	6			6
Gárgola Recta	2.110	18	13	8,5	5,5	
Gárgola cañon	2.120	13,5	11,5	10,5	3	
Remate padieira curvo 24 cm. (7)	2.130	24	12	11,5	15,5	
Remate padieira recto	2.140	24	11,5	(1)		

(1) 5 cm./ 6,5 cm. **(2)** ángulo $120^0/135^0$ consulte otros ángulos

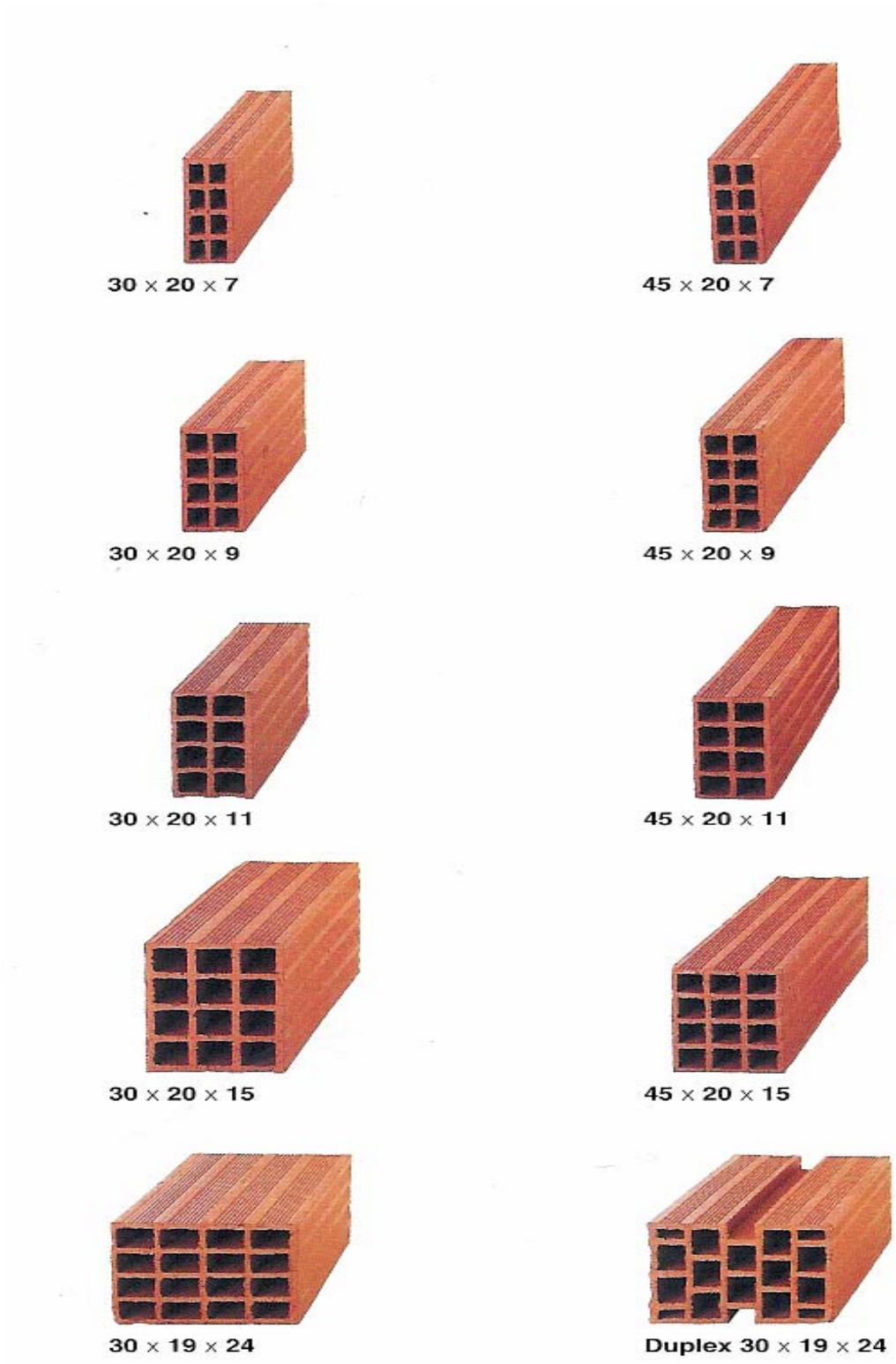


Fig. 13 – Tijolos mais utilizados em construção civil.

Qualidades dos tijolos

As qualidades que se exigem de um bom tijolo são as seguintes:

- Regularidade na forma e igualdade nas dimensões, para que as juntas fiquem da mesma espessura e o assentamento das alvenarias seja uniforme.
- Arestas vivas e superfícies ásperas para maior facilidade de aderência nas argamassas.
- Som cheio e claro, quando percutido com um martelo.
- Homogeneidade em toda a massa, com ausência completa de fendas, cavidades e de quaisquer corpos estranhos.
- Fractura de grão fino e compacto, de cor uniforme, sem manchas que denunciam a presença de calcário na argila.
- Facilidade em se deixar cortar.
- Resistência suficiente para suportar os esforços de compressão.
- Não absorver água.

Cores dos tijolos

As cores que definem, mais ou menos, as várias temperaturas a que se encontra um forno, podem ser resumidas nas seguintes:

Vermelho vivo	525º
Vermelho escuro	700º
Cereja vivo	800-900º
Cereja claro	1.000º
Alaranjado escuro	1.100º
Alaranjado claro	1.200º
Branco	1.300º
Branco soldante	1.400º
Branco deslumbramento	1.500º

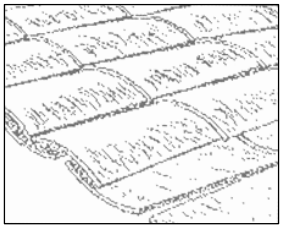
6.1.2. Telhas

A evolução da telha cerâmica

Não fazendo parte dos nossos objectivos inicias, mas a título de curiosidade, decidiu-se elaborar uma breve referência à evolução histórica da telha cerâmica.

Foi durante o Neolítico, fase do desenvolvimento técnico das sociedades humanas, correspondente ao seu acesso a uma economia produtiva, que a cerâmica foi inventada. Era no Sudoeste da Ásia (Irão, Palestina e Sul da Turquia) que cresciam espontaneamente o trigo e a cevada, bem como existia no estado selvagem o gado que permitiram a passagem a uma economia de produção. Não é pois de estranhar que o desenvolvimento inicial da cerâmica se tenha dado nessa área, visto ser aí que a necessidade de armazenar os alimentos recolhidos da agricultura, de casas para abrigar uma população crescente, de fornos que transformassem a farinha de trigo em pão, levasse à construção de vasos, tijolos, etc.

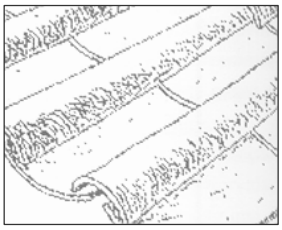
A informação existente sobre a história da telha não é muito exacta, especialmente a informação acerca dos primeiros usos. Alguns datam a origem duma cobertura revestida com elementos cerâmicos há aproximadamente 2300 a.C., outros mencionam telhas cerâmicas cozidas em construções Etruscas datadas de 750 a.C., no entanto, pode-se afirmar que a telha mais antiga que chegou até aos nossos dias é de origem Chinesa, sendo ainda hoje aí utilizada bem como na Índia, as coberturas eram tradicionalmente revestidas com bambus, até à descoberta da argila cozida, cerca de 2700 anos antes da nossa era. A telha substituí-los-á pouco a pouco, com sensivelmente a mesma forma. Esta telha **Oriental** possuía grandes dimensões (aprox. 80cm de comprimento e 50cm de largura) apresentando uma curvatura muito ligeira. Existia apenas um



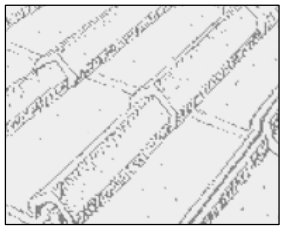
modelo que era colocado alternadamente em posição côncava e convexa. Na área mediterrânica o sistema de revestimento de coberturas utilizando a telha cerâmica deve-se aos Gregos. Estes

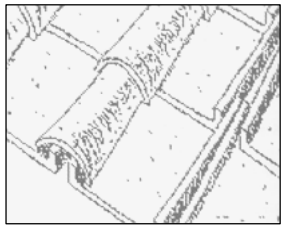
utilizaram dois tipos, cujos nomes indicavam o lugar de origem, mas que passaram depois a designar unicamente dois formatos de telha.

O primeiro, é o denominado **Lacónico** (originário da Lacónia), que consistia na combinação de dois elementos: um canal ("imbrice") análogo ao modelo tipo oriental, e uma capa ("copo") com maior curvatura, mais estreita e com um comprimento duplo de "imbrice". Este tipo de telha é encontrado já no século VII a.C., por exemplo no segundo templo de Hera e Olímpia.



Posteriormente surge o modelo dito **Coríntio**. Segundo Piínio o velho erudito latino do século I d.C., a sua criação deve-se a Kinyras, rei da Assíria e depois de Chipre. Na realidade ele surge no século VI a.C. na Coríntia (daí a sua denominação) e em toda a Grécia Ocidental. É o sistema mais elaborado que alguma vez havia sido inventado: os canais são planos, com pequenos rebordos que asseguram a precisa conexão entre uns e outros, e as capas são angulares em vez de curvas. Do casamento destes dois modelos parece resultar o sistema denominado **Romano**. Neste caso, o canal é semelhante ao Coríntio, se bem que de dimensões mais reduzidas, tendo a capa uma curvatura como a do modelo Lacónico, porém mais curta. Como o testemunho mais antigo deste sistema e encontrado em alguns templos gregos da Sicília, é também denominado de "sicula".

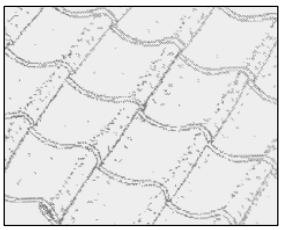




Os canais, "tegulae", eram elementos planos de forma rectangular, munidos de rebordos laterais, tendo em média 34 a 40 cm de comprimento por 23 a 27 cm de largura (encontraram-se todavia em Roma exemplares bem maiores, pesando cerca de 27 Kg). As capas ou " imbrices" tinham uma forma semi-cilíndrica sendo normalmente travadas na extremidade do telhado por uma telha maior decorada (anti-fixe). O uso da telha romana mantém-se durante muito tempo na Europa sem que tenha sofrido qualquer tipo de alterações, até que no século XI a forma rectangular das tegulae foi substituída pela trapezoidal. O século XIII assiste ao aparecimento de um novo tipo de telha, dita de **Champagne.** De dimensões de 35 cm por 25 cm, apresentava-se ligeiramente convexa de modo a oferecer melhor resistência ao vento.

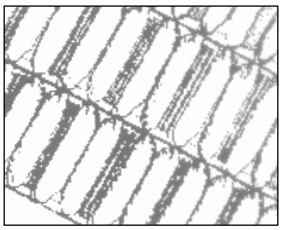
Estava munida de um orifício que permitia fixá-las ao ripado, sendo a distância entre o ripado igual à largura da telha.

Surge no século XV um outro tipo de telha dita **Flamenga** dado que foi desenvolvida nos países flamengos, cuja forma se assemelha a um ***S*** deitado. Trata-se de um elemento muito engenhoso pois reúne numa só peça a tegulae do sistema romano.

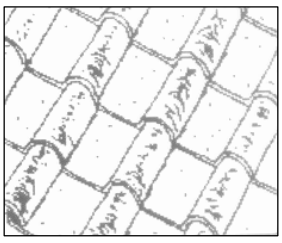


Podem-se apontar pelo menos duas versões desta telha, uma usada sobretudo na Bélgica, Holanda e Escandinávia e uma outra que se encontra em Inglaterra e na Escandinávia, sendo curiosamente também encontrada no Japão, do século XV até ao século XIX, a indústria cerâmica não conheceu qualquer evolução. Foi necessário esperar pelo ano de 1841 para se assistir ao acontecimento que iria revolucionar a fabricação de telhas. Foi nesse ano que os irmãos Gilardoni, fabricantes de telhas em Altkirche registaram a primeira telha de encaixe fabricada mecanicamente.

As primeiras telhas assim fabricadas, possuíam encaixes laterais sendo o recobrimento transversal, de alguns centímetros, feito unicamente por sobreposição de uma telha sobre a outra. Como dimensões, apresentava 33 cm de comprimento, 20 cm de largura e uma espessura de 1,5 cm, sendo necessárias 15 unidades por metro quadrado, o que representava um peso de 45 Kg.



O fabrico da telha Gilardoni foi adoptado por engenhoso pois várias empresas cerâmicas, com especial relevo, para uma sediada em **Marselha**, a qual dada a sua dimensão, espalhou o seu uso por vastas regiões, de tal forma que esta telha é ainda hoje conhecida pelo seu nome. Este evento da invenção da telha de encaixe é de tal forma determinante, que é ainda hoje utilizado, sendo a razão principal da existência de tantas e variadas formas de telhas cerâmicas. Citamos por exemplo o caso da telha de aba e canudo, que surge em França da aplicação deste princípio à telha Flamenga, tendo sido introduzida no nosso País no início do século XX, sendo mais conhecida por telha **Lusa.**



A evolução da cobertura e a telha cerâmica

Como não poderia deixar de ser, a história do desenvolvimento das coberturas, está intimamente ligada ao desenvolvimento das construções. Como primeira forma de abrigo, o Homem primitivo encontrou nas grutas, a protecção e segurança necessárias. No entanto, para algumas civilizações esta forma de abrigo rapidamente se tornou insuficiente, quer para os povos que se dedicavam à caça, quer para os que se dedicavam à recolha de alimentos, a mobilidade que essas formas de vida exigiam levaram-nos a encontrar outras formas de protecção. Surge assim, por volta de 12.000 a.C., a primeira construção realizada pelo Homem com o objectivo de o proteger contra as agressões exteriores. Este abrigo era geralmente coberto com ramos de árvores ou peles de animais e tinha a forma de um alpendre. Com a sedentarização dos povos, surgiu também a necessidade de construir abrigos mais amplos, e principalmente mais eficazes e duradouros, este facto levou ao aparecimento da cobertura de duas águas.

Com o decorrer dos tempos, tanto os processos construtivos como as formas das habitações e consequentemente das coberturas foram aumentando de complexidade, como característica comum a todas as soluções surgidas, e independente dos vários tipos de recobrimentos utilizados, função da zona geográfica e dos recursos naturais com que deparava quotidianamente, encontra-se a forma da cobertura – sempre **inclinada** – de modo a que as águas pluviais escoassem rápida e facilmente para fora da cobertura.

No entanto, um problema subsistia qualquer que fosse o material usado no recobrimento da cobertura, o qual foi claramente estabelecido por P.Benevent no seu livro *Aixi es construeix:* " Tornar compatível a inevitável mobilidade da cobertura com a absoluta integridade e impermeabilidade que se lhe exige, deve ser o objectivo a que se propõe qualquer construtor". Um problema de difícil resolução, sobretudo se se utilizarem materiais rígidos para a protecção impermeável e que devem ser capazes de absorver, sem perda da sua continuidade, as deformações térmicas que podem surgir devido à sua situação exposta no edifício. A **telha cerâmica** constitui sem dúvida a melhor solução para este problema, de facto não se pode imaginar forma mais perfeita da que a destes elementos, que pelo seu tamanho e peso, são de

fácil manuseamento ao mesmo tempo que, dada a sua geometria própria, modo de sobreposição e encaixe, garantem uma absoluta impermeabilidade a qualquer superfície.

Além disso, pelo seu carácter descontínuo, permitem a ocorrência de deformações térmicas independentes e imperceptíveis, de cada um deles. Mas a descoberta destas características da telha cerâmica não é de hoje nem de ontem, ela remonta a muitos séculos atrás, pode-se afirmar, que a telha cerâmica constitui o mais antigo material de construção fabricado com uma forma adequada par revestimento de cobertura e consequente protecção contra a intempérie.

Uma prova da inteligência contida neste material, tão simples e simultaneamente tão complexo, é o facto de as várias fases de produção não se terem alterado significativamente ao longo dos séculos. Na época romana, a argila era extraída no próprio lugar de utilização, humedecida e pisada da forma a obter-se uma pasta maleável, sendo posteriormente moldada, as peças eram então postas a secar ao sol antes de serem cozidas.

Actualmente, a sequência de fabrico é rigorosamente a mesma, tendo apenas os meios técnicos disponíveis evoluído consideravelmente, deste facto, guardou a telha de barro cozido todas as suas qualidades intrínsecas. O produto natural de origem, se bem que notavelmente melhorado, permanece igual a si mesmo. O reconhecimento das qualidades ímpares da telha cerâmica como material privilegiado para revestimento de coberturas inclinadas é evidenciado pela disseminação do seu emprego ao longo do tempo, até zonas geográficas bem distantes daquelas onde foi inicialmente utilizada. Se a generalização do seu uso veio demonstrar as suas excelentes qualidades, por outro lado expôs a telha cerâmica a novas agressões, tendo-se no entanto continuado a exigir-se-lhe o mesmo nível de prestações.

Este facto, aliado ao surgimento de novos processos de construção, consequência do aumento do nível das exigências de conforto térmico, acústico, higrométrico e condições de salubridade das habitações, colocaram novos desafios ao desempenho da telha cerâmica enquanto revestimento de coberturas inclinadas.

Processo de fabricação da telha cerâmica

O processo de fabricação é bastante semelhante ao do tijolo, porem a sua matéria prima deve ser mais fina e homogénea. Há cuidados que se devem ter durante todo o processo tendo em vista a obtenção de peças pouco deformáveis, compactas, leves e tão impermeáveis quanto possível.

É evidente que uma boa telha deve ser lisa (de forma a permitir o escoamento de água e a dificultar a proliferação de musgos) e o mais impermeável possível. Uma boa telha não pode deixar passar humidade em 24 horas, esta só aparecerá após 48 horas, e sem gotejamento. As telhas de cerâmica prensadas são mais impermeáveis e lisas, podendo aumentar-se esta impermeabilidade com uma pintura de silicato ou oxido no ponto superior, entre o cozimento e o recozimento.

O reconhecimento das qualidades ímpares da telha cerâmica como material privilegiado para revestimento de coberturas inclinadas é evidenciado pela disseminação do seu emprego ao longo do tempo.

As características gerais a que devem obedecer as telhas são:

- atender à marcação, a uma boa aparência(bem moldadas, sem defeitos de fabrico, a superfície de fractura bem compacta, não vitrificada e isenta de grãos de cal de dimensões apreciáveis) e acusar ao toque boa sonoridade.

Deve ser consultada a NP-494 – Telhas cerâmicas (Características e recepção).

Para testar as suas características realizam-se os seguintes ensaios:

. Permeabilidade (NP- 495)

· Tapamento das extremidades da telha. Enchimento de um recipiente com água e observação num tabuleiro inferior com areia se existem vestígios da queda de pingos. Repetição do ensaio com a telha saturada.

. Resistência ao frio (NP-496)

· Alternância de ciclos de permanência das telhas em frigorífico (- 10º C), seguida de uma permanência em tanque de água à temperatura ambiente (≈ + 20º C).

. Resistência à flexão (NP-497)

· Com a carga actuando no meio da telha, assente em duas ripas nas extremidades. Exige-se uma força F ≥ 100 Kgf.

▫ **Resistência da orelha aramar (NP-498)**

· A força de rotura da orelha de aramar deve ser igual ou superior a 10 kgf.

▫ Absorção de água (NP-499)

· Idêntico ao processo referido para os tijolos.

Tipos de telhas

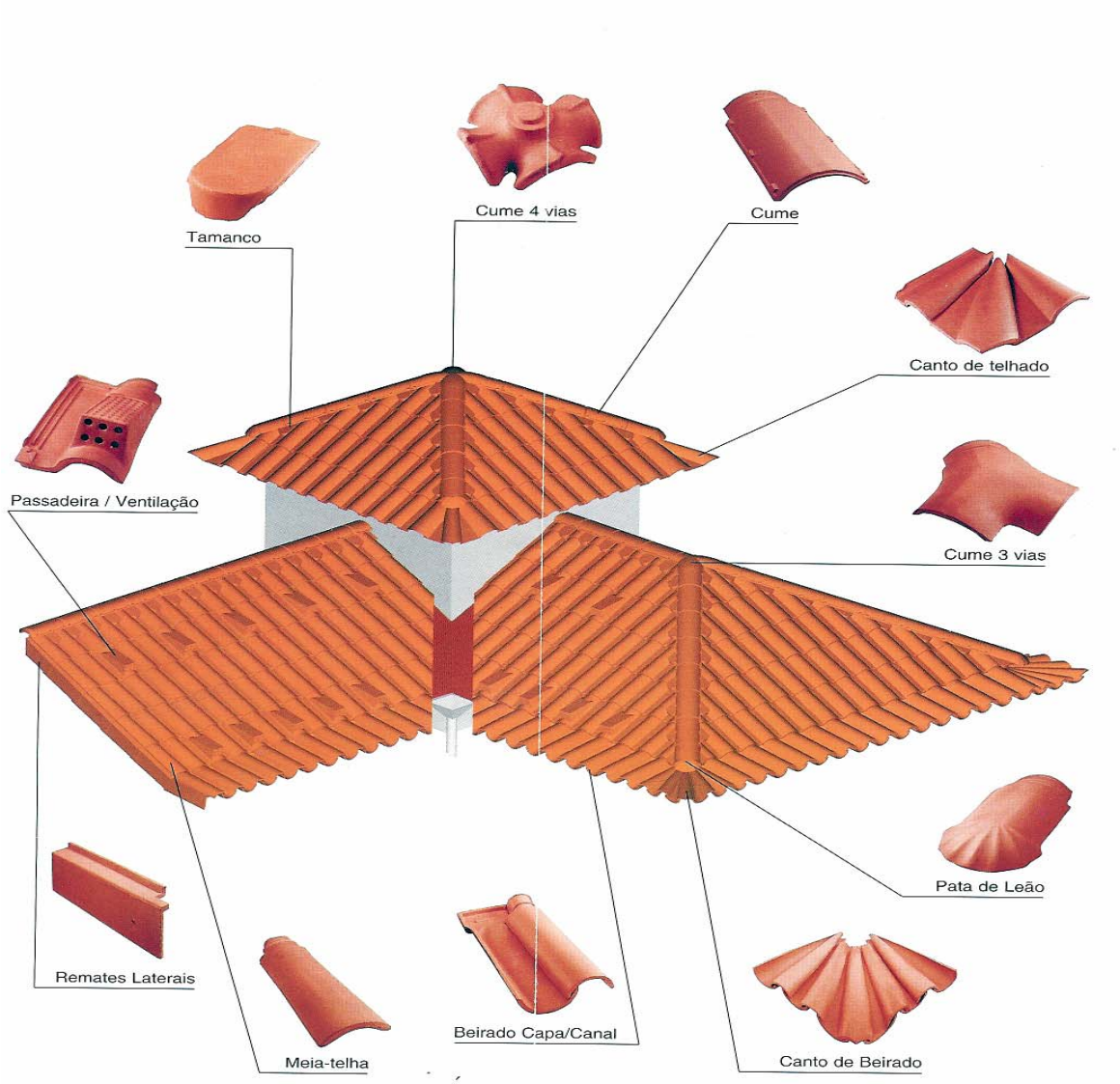
Existem três tipos de telhas:

. Telhas Planas de Encaixe (Telha marselha e Telha urbana);
. Telhas de Aba e Canudo (Telha lusa);
. Telhas Romanas.

Cada uma destas telhas tem um número alargado de acessórios, dependo da situação em causa, dos quais referimos por exemplo: tamanco, cume de três vias, canto de beirado, etc.

fig.14– Acessórios de telhas cerâmicas.

Exigências funcionais de um telhado



O telhado, pelo facto de constituir a envolvente superior do edifício, é a parte da construção mais exposta ao efeito das agressões exteriores. Como qualquer outro elemento de um edifício, é alvo de exigências funcionais que decorrem de três funções distintas que tem de cumprir no conjunto:

- elemento de protecção

- elemento estrutural
- elemento decorativo

Para satisfazer tais exigências, o telhado e consequentemente os seus elementos constituintes, terão de cumprir alguns requisitos, que destacamos em seguida:

Impermeabilidade

O telhado deve ser estanque, para impedir em permanência a penetração da chuva, neve ou granizo.

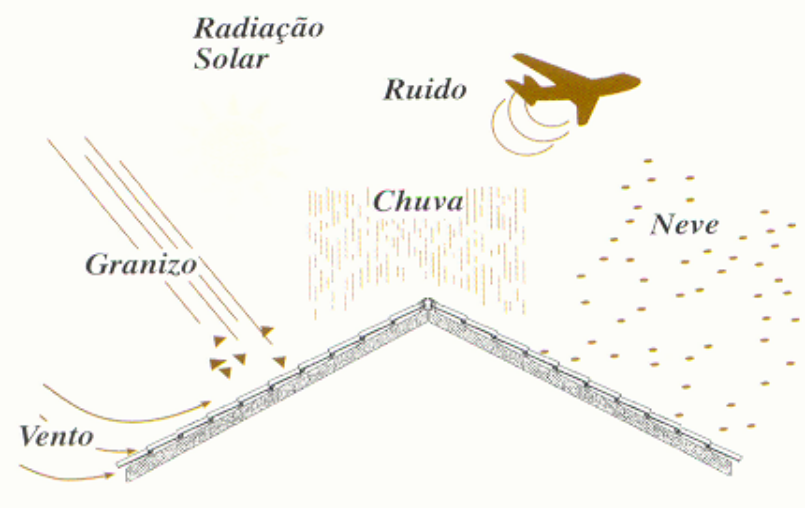


fig.15- Cobertura em telha

Numa cobertura em telha, a estanquidade é assegurada pela convergência de três condições:

1.- impermeabilidade dos elementos de revestimento.
2.- encaixe, sobreposição ou ligações entre os elementos, que garantam, para certas condições, a estanquidade das juntas longitudinais e transversais.
3.- inclinação suficiente das vertentes, de modo a garantir o escoamento rápido das águas pluviais, eliminando as possíveis infiltrações resultantes da acumulação e depósito da água nas juntas.

A primeira condição está regulamentada pelas normas que fixam os limites de absorção de água e impermeabilidade das telhas cerâmicas. A segunda e terceira são interdependentes, o mesmo é dizer que, para cada tipo de telha, dadas as suas características de encaixe, existem limites de pendentes aconselháveis, que garantem a estanquidade da cobertura.

Uma cobertura em telha cerâmica deve respeitar os seguintes requisitos:

. resistência mecânica
. resistência ao gelo
. resistência ao granizo
. resistência à desestabilização pelos ventos
. resistência à humidade e condensação
. resistência ao fogo
. isolamento térmico
. isolamento acústico
. facilidade de manutenção e conservação
. facilidade de acesso e segurança

Resistência Mecânica

Da estrutura

Os elementos estruturais de um telhado devem ser dimensionados de modo a resistirem a solicitações de dois tipos:

- de carácter permanente, como o peso próprio da estrutura ou do revestimento.

- de carácter acidental, como as que resultam da acção do vento, do peso exercido pelos operários ou pelos materiais durante as obras de construção ou reparação da cobertura, e, em certos casos, da incidência e pressão de neve.

Da telha cerâmica

Esta característica está regulamentada pela norma que fixa o limite mínimo de resistência mecânica.

Resistência ao gelo

A ocorrência de vários ciclos de gelo-degelo, com o consequente aumento de volume da água contida nos poros do material cerâmico quando da passagem da primeira ao estado sólido, origina o aparecimento de tensões intersticiais que, em casos extremos, levam ao descasque da telha, retirando-lhe assim as propriedades de estanquidade e resistência. Para evitar esta situação, é importante que, após a absorção de água decorrente de qualquer tipo de precipitação, a telha tenha condições de a eliminar o mais rapidamente possível, neste aspecto o comportamento do telhado pode ser francamente melhorado se se providenciarem condições de ventilação eficazes na face inferior das telhas, de modo a eliminar a humidade residual e as eventuais condensações que aí ocorram.

Resistência ao granizo

A incidência de granizo sobre um telhado, se bem que não seja uma agressão das mais importantes, pode também originar, em casos extremos, o descasque das telhas.

Resistência à desestabilização pelos ventos

Na maioria dos casos, o peso próprio e o sistema de encaixe das telhas são suficientes para assegurar a estabilidade do telhado no seu conjunto. No entanto, em regiões fortemente fustigadas por ventos, o encaixe das telhas deve ser complementado por uma fixação adicional à estrutura de suporte.

Resistência à humidade e à condensação

É necessário garantir condições para evitar a condensação na face inferior das telhas, de humidades provenientes do interior da habitação, mediante a utilização de barreiras de vapor e sistemas de ventilação adequados.

Resistência ao fogo

O telhado deve actuar como barreira a penetração do fogo. O revestimento com telhas cerâmicas é altamente satisfatório, pois, não sendo inflamáveis e tendo já sido submetidas durante o seu processo de fabrico a altas temperaturas (cerca de 1000ºC), não perdem qualidades sob acção das chamas e das temperaturas resultantes de um incêndio.

Isolamento térmico

De entre os materiais vulgarmente utilizados para revestimento de coberturas inclinadas, a telha cerâmica é a que apresenta melhores propriedades isolantes.

Em certos casos, é possível complementar essas propriedades mediante a utilização de materiais especialmente concebidos para o efeito. A aplicação destes materiais deve permitir uma ventilação eficaz na face inferior das telhas, o que evitará, além do mais, que o material isolante perca as suas propriedades pela absorção de água.

Isolamento acústico

O comportamento das coberturas em telha, em termos do isolamento acústico que proporcionam ao interior dos edifícios, e geralmente de modo a satisfazer as exigências normais de conforto, isso deve-se quer ás características da argila de que são feitas as telhas, quer às da estrutura de suporte, dispensando-se, assim, a utilização de forros isolantes para obtenção dos mesmos níveis de conforto.

Facilidade de manutenção e conservação

O tempo de vida útil da cobertura aumenta significativamente se forem realizadas inspecções periódicas e trabalhos de conservação e limpeza, os quais deverão poder ser realizados sem interferir com a funcionalidade da própria cobertura.

Facilidade de acesso e segurança

A questão da segurança é parcialmente assegurada pelo correcto dimensionamento da estrutura de suporte, devem ser previstas zonas de acesso à cobertura e caminhos de circulação na mesma, através do emprego de telhas passadeiras.

Tipos de inclinação de coberturas

Inclinações mínimas

O estabelecimento de limites para as inclinações mínimas admissíveis em coberturas de telhado, de acordo com as exigências de estanquidade e tomando em linha de conta o tipo de telha utilizado, a estrutura de suporte da cobertura, a localização geográfica e as condições locais de exposição a que está sujeita, constituem um conjunto de factores importantes a ter em conta. Se por um lado, as inclinações tradicionais asseguram o comportamento da cobertura como estanque, por outro, para a determinação exacta desses limites seriam necessários, caso a caso,

estudos experimentais em modelos, sendo o único meio de se poder realmente analisar a influência da inclinação de uma cobertura sobre a estanquidade da mesma. Dada a especificidade de tal estudo requerer tecnologia bastante avançada e não disponível no nosso País, o mesmo nunca foi efectuado. Nos últimos anos tem-se verificado um abandono completo da pendente tradicional em telhas de encaixe (1/4 do vão), procurando-se cada vez mais ao nível do projecto, por razões várias, uma redução do volume da cobertura, sendo ela obtida à custa de uma sensível diminuição da pendente da mesma, note-se que, neste processo de abaixamento das pendentes continuam a usar-se as mesmas telhas de encaixe, que com toda a segurança se empregaram em coberturas com a pendente tradicional.

No entanto, a cobertura só pode comportar-se como estanque enquanto tiver uma inclinação tal que evite a formação de depósitos de permanência de águas pluviais que possam extravasar nas juntas ou vencer os recobrimentos, penetrando no interior, será então necessário, para cada tipo de telha, e em função dos parâmetros já enunciados, determinar até que limite de pendente a cobertura dá garantias de estanquidade.

Para a determinação de limites mínimos de inclinação de telhados, uma determinada empresa nacional recorreu a um centro de estudos inglês, especializado no estudo e análise do comportamento de telhados, **Redland Technologies**, o qual é reconhecido como a mais credenciada e avaliada instituição mundial neste tipo de estudos. Para tais estudos vários modelos de telhas foram submetidos a ensaios em túnel de vento, tendo sido simuladas duma forma sistemática e exaustiva vários tipos de condições climatéricas.

fig.16 – Túnel de vento

Em relação ao ensaio da telha **Marselha**, chegou-se à tabela abaixo apresentada, onde se encontram indicados os valores mínimos aconselháveis para a inclinação da estrutura de suporte de telhado, e não de uma telha em particular (ver ponto: **Determinação da inclinação de um telhado**), em função da região e das condições particulares do local de implementação do edifício.

Telha Marselha	
. Comprimento (A)	45 cm
. Largura Total (B)	27 cm
. Altura (C)	3 cm
. Nº de telhas por m	11,5
. Peso por telha	3,4 Kg
. Distância entre ripas	38,5 cm

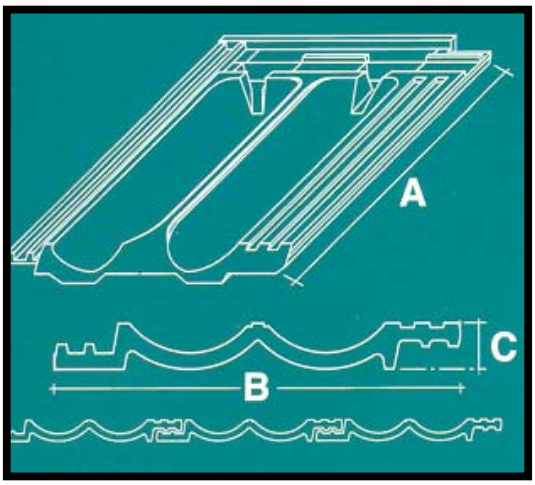
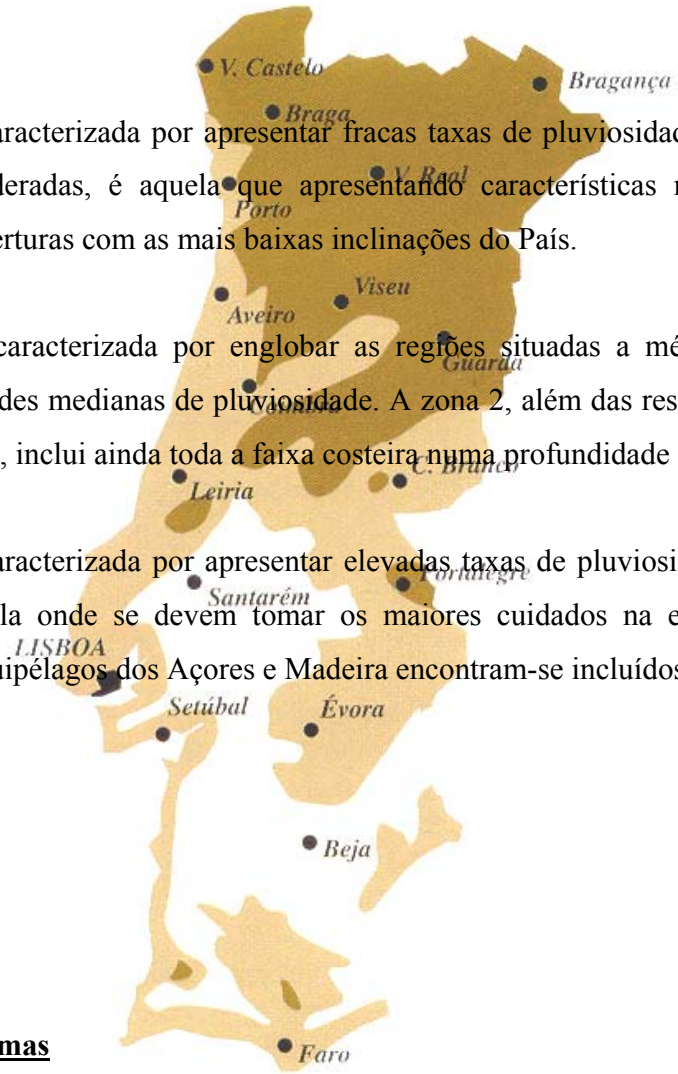


fig. 17- Telha Marselha

Tabela 1 - Telha Marselha

Telha Marselha			
Zonas	**Protegido**	**Normal**	**Exposto**
	Inclinação em (%)		
Zona 1	35%	40%	50%
Zona 2	40%	50%	60%
Zona 3	50%	60%	75%

Legenda:



Zona 1 – zona caracterizada por apresentar fracas taxas de pluviosidade e baixas altitudes, das três zonas consideradas, é aquela que apresentando características mais amenas, permite a realização de coberturas com as mais baixas inclinações do País.

Zona 2 – zona caracterizada por englobar as regiões situadas a média altitude ou onde se registam quantidades medianas de pluviosidade. A zona 2, além das restantes regiões abrangidas pelas outras zonas, inclui ainda toda a faixa costeira numa profundidade de 10 Kms.

Zona 3 – zona caracterizada por apresentar elevadas taxas de pluviosidade e/ou altas altitudes, esta zona é aquela onde se devem tomar os maiores cuidados na escolha da inclinação da cobertura. Os arquipélagos dos Açores e Madeira encontram-se incluídos nesta zona.

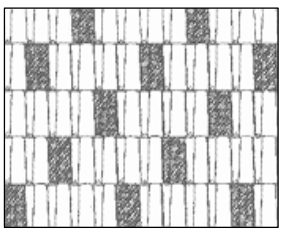
. **Protegido**

. **Normal**

. **Exposto**

<u>Inclinações máximas</u>

Da mesma maneira que se indicou os valores mínimos de inclinações de coberturas, é de todo o interesse o conhecimento dos valores máximos a partir dos quais se torna indispensável a tomada de precauções especiais na fixação das telhas. Tendo em conta os factores abaixo indicados:



- em inclinações inferiores a 100%, não se torna necessário fixar as telhas de um modo especial, excepto em sítios muito expostos onde

todas as telhas do beirado serão fixadas às ripas com pregos ou usando a orelha de aramar e as telhas da cobertura, apenas numa proporção mínima de um em cada cinco, dispostas duma maneira regular como indicado na figura.

- em inclinações superiores a 100% e inferiores a 175%, todas as telhas deverão ser fixadas às ripas por um dos processos atrás referidos. No caso de locais de exposição normal ou protegida, é suficiente fixar apenas uma telha em cada cinco

- em pendentes superiores a 175%, todas as telhas deverão ser fixadas com pregos.

Tabela 2 – Inclinações de coberturas

Inclinação (%)	**Protegido ou Normal**		**Exposto**	
	Beirado	**Cobertura**	**Beirado**	**Cobertura**
	Necessidade de fixação das telhas			
25<%<100	nenhuma	Nenhuma	Todas	1 em 5
100<%<175	todas	1 em 5	Todas	Todas
>175%	Todas			

Determinação da inclinação de um telhado

1.- Utilizando o medidor de inclinações – uma vez que a inclinação de um telhado não é igual à de cada uma das telhas que o constituem, para se obter uma correcta leitura da inclinação, o medidor não deve ser apoiado directamente sobre uma telha, mas sim sobre uma ripa, que tenha um comprimento tal que abranja mais do que uma telha, como ilustrado na figura.

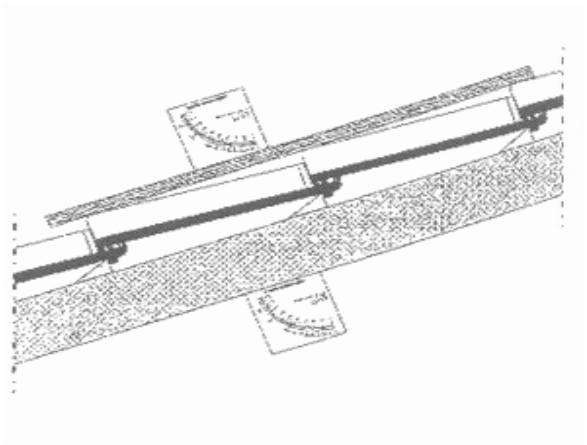


fig. 18 –Utilizando o medidor de inclinações

No entanto, também é possível determinar a inclinação de um telhado a partir do interior da habitação, bastando para isso, que se apoie o medidor à face inferior das asnas ou do tecto, desde que este acompanhe a inclinação do revestimento da cobertura.

2.- Como recurso à falta de um medidor, é possível através duma operação rápida e simples determinar a inclinação de um telhado.

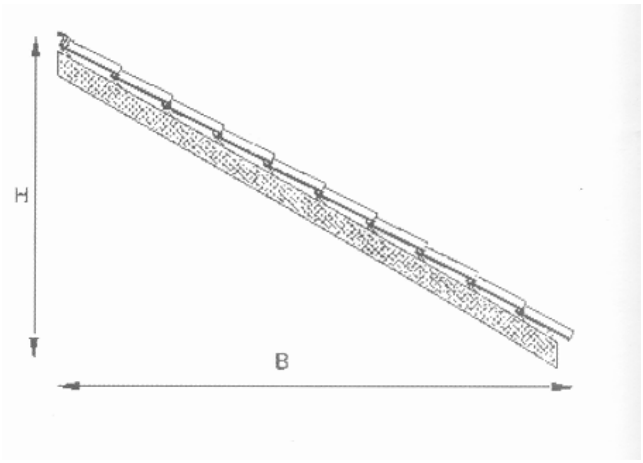


fig. 19- Operação para determinação da inclinação de um telhado

Exemplo:

. Inclinação: $i = \frac{H}{B} * 100(\%)$

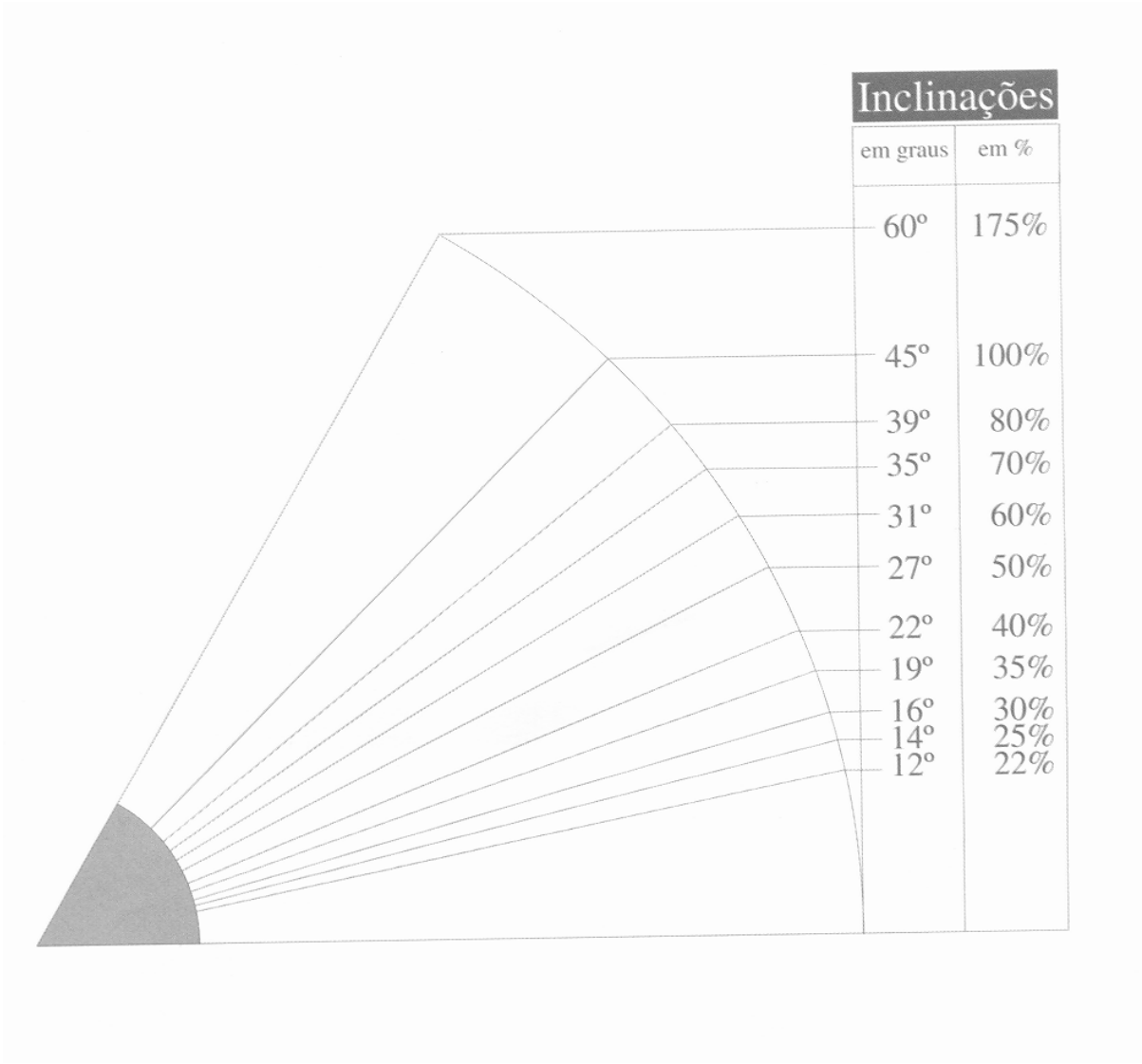
. Sendo: H = 3 m

B = 10 m

. Temos que:

$$i = \frac{3}{8} * 100(\%)$$

$$i = 30\%$$



6.1.3. REFRACTÁRIOS

Os refractários pelas suas características têm altas resistências:

- térmica- Não funde mesmo a altas temperaturas; não se devem deformar a temperaturas inferiores a 1.520º C;
- mecânica e química;

além de grande estabilidade volumétrica.

A sua fabricação cuidadosa inicia-se com a escolha da matéria prima: argila refractária (pobre em cal e oxido de ferro) agregando diversos tipos de componentes químicos (sílico-aluminosos, aluminosos, silicosos, magnesite, cromite, dolomite, etc.) que nem sempre se encontram combinados na natureza, devendo-se, por isso, fazer as correcções necessárias. Para que as refractárias possam resistir às variações térmicas têm de se adicionar outras matérias, como a areia siliciosa ou detritos de refractários devidamente moídos.

Embora possam ser fabricados de forma diversa, os mais comuns são os tijolos especiais para chaminés, abóbadas, construção interna de fornalhas e fornos. O seu uso é feito, principalmente, na industria que utiliza altas temperaturas, devendo isso a sua colocação ser bem feita usando-se para seu assentamento, argamassas ou outros produtos refractários.

Sendo um material sujeito a condições violentas, o seu controle de qualidade será o mais exigente, para garantir esta mesma qualidade. Indicamos que se deve sempre verificar a sua análise química, a resistência piroscópica, o seu comportamento a altas temperaturas, a sua densidade, porosidade e absorção, o seu comportamento à temperatura ambiente, ao choque térmico, a contracções e dilatação permanente e a sua vulnerabilidade ao ser atacado por escórias.

Todos sabemos que os metais e as suas misturas são utilizados para o fabrico de automóveis, maquinaria, aviões, edifícios e uma quantidade indeterminada de possíveis coisas úteis. Mas a produção de metal não seria possível sem o uso de um material cerâmico chamado refractário. Os chamados de refractários tornam possível a construção de alto fornos siderúrgicos e centrais nucleares que são o coração da indústria moderna.

Os refractários podem resistir a condições voláteis e de altas temperaturas encontradas no processamento dos metais. As cerâmicas refractárias são igualmente materiais benéficos para outras indústrias. As químicas, petrolíferas, conversão enérgica, vidro e outras indústrias cerâmicas confiam nos materiais refractários. Para suportar estas solicitações e em função da

natureza das mesmas, foram desenvolvidos inúmeros tipos de produtos, a partir de diferentes matérias-primas ou mistura destas. Dessa forma podemos classificar os produtos refractários, quanto a matéria-prima ou componente químico principal em: sílica, sílico-aluminoso, aluminoso, mulita, magnesiano-cromítico, cromítico-magnesiano, carbonato de silício, grafite, carbono, zircónio, zirconita, esplénico e outros.

6.1.4. **FAIANÇAS**

Designam-se por faianças os produtos cerâmicos vitrificados, com textura interna porosa obtidos por moldagem em prensa.

Normalmente, o cozimento destes produtos é feito em duas fases, sendo o vidrado efectuado com a pintura, antes do recozimento.

*Os materiais mais representativos são os **azulejos** e os **mosaicos**.*

São peças delgadas, de forma geométrica, constituídas por uma base de material cerâmico poroso, coberta por um vidrado (à base de chumbo e bórax). Estes vidrados têm de ter um coeficiente de dilatação igual ao da base do azulejo(esta base designa-se por biscoito) a fim de não apresentarem fissurações.

Antigamente o azulejo voltava ao forno, uma vez cozido o biscoito para fixar cada cor. Modernamente faz-se simultaneamente a cozedura da base e o do vidrado. A moldação é feita em prensas com grande potência.

Os formatos estão normalizados (10x10; 11x11; 15x15 cm). Fabricam-se, também tiras do mesmo material para remate de lambris e ainda peças côncavas e convexas nas cores dos azulejos.

Ao observar azulejos haverá que ter em conta as suas dimensões, as deformações a que resistem e a estabilidade do vidrado. Obedecendo a sua escolha às seguintes designações:

- "NOR" (1º escalão de qualidade);
- "ECO" (que se pode considerar um 2º escalão);
- "REFUGO" (o de mais baixa qualidade).

Para os azulejos podem-se realizar os seguintes ensaios:

- Características dimensionais e de aspecto (EN – 98)
- Absorção de água (EN – 99)
- Flexão (EN – 100)
- Choque térmico (EN – 104)
- Fissuração do vidrado (EN – 105)
- Resistência à deformação de nódoas (ISO – 10545)
- Resistência ao gelo (EN – 202)
- Dureza superficial (EN – 101)

6.1.5. TIJOLEIRAS E LADRILHOS

Usados normalmente em pavimentação e revestimentos, não são mais do que "pequenos tijolos" com formatos diferentes. A diferença entre tijoleiras e ladrilhos faz-se sobretudo por terem fabricação diferente. As primeiras, mais porosas têm as características da cerâmica comum, os segundos como são prensados apresentam-se bastante vidrados (para facilitar a sua colocação devem ter na parte inferior, rugosidades e saliências que aumentem a sua fixação).

As suas dimensões são variáveis e o seu formato diverso.

Os ensaios que se podem realizar nos ladrilhos cerâmicos, são:

- Características dimensionais e de aspecto (EN – 98)
- Absorção de água (EN – 99)
- Flexão (EN – 100)
- Desgaste de ladrilhos não vidrados (EN – 102)
- Choque térmico (EN – 104)
- Fissuração do vidrado (EN – 105)
- Resistência química de ladrilhos não vidrados (EN – 106)

- ○ Resistência química de ladrilhos vidrados (EN – 122)
- ○ Dilatação com a humidade de ladrilhos não vidrados (EN – 155)
- ○ Resistência à deformação de nódoas (ISO – 10545)
- ○ Resistência ao gelo (EN – 202)
- ○ Dureza superficial (EN – 101)
- ○ Desgaste de ladrilhos vidrados (EN – 154)

O recurso ao revestimento cerâmico para o banho e para a cozinha, encontra-se já comprovado pela longa tradição na sua utilização. De facto não existe melhor solução para manter e proteger as paredes nas mais exigentes condições de higiene e conservação.

Os pavimentos podem ser qualificados quanto ao seu uso, em:

→ PEI 1 – Pavimento sujeito a tráfico ligeiro, num ambiente protegido de agentes abrasivos e cortantes como areia e gravilha. Estes pavimentos podem utilizar-se em locais como, o quarto de dormir ou sala de banho de habitações privadas.

→ PEI 2 – Pavimento sujeito a tráfego médio/ligeiro, num ambiente protegido de agentes abrasivos e cortantes. Pavimentos indicados para a utilização em qualquer parte da casa, à excepção da cozinha.

→ PEI 3 – Pavimento sujeito a tráfego médio, num ambiente protegido de agentes abrasivos e cortantes. Pavimentos indicados para a utilização em qualquer parte da casa, incluindo a cozinha.

→ PEI 4 – Pavimento sujeito a tráfego médio/pesado, num ambiente desprotegido de agentes abrasivos e cortantes, e com acesso ao exterior. Pavimentos indicados para a utilização em terraços e locais públicos com um movimento mediano.

→ PEI 5 - Pavimento sujeito a tráfego pesado, num ambiente desprotegido de agentes abrasivos e cortantes, e com acesso ao exterior. Pavimentos indicados para a utilização em locais públicos como restaurantes, hotéis, escritórios, escolas, etc.

6.2. Produtos Não Porosos

Nos produtos não porosos incluímos os Grés Cerâmicos e as Porcelanas.
Como a sua designação esclarece trata-se de produtos com estrutura interna não porosa, fabricados a partir de argila vitrificável.

6.2.1. GRÉS CERÂMICO

Consoante a matéria prima[8] se encontre na natureza ou resulte de correcção de argilas com composição química aproximada, os grés dizem-se naturais ou artificiais:

→ Grés Naturais – já contém os produtos indispensáveis à vitrificação[9];
→ Grés Artificiais – torna-se necessário adicionar tais produtos.

É importante que estas matérias primas contenham os feldspatos indispensáveis à sua utilização.
Acrescente-se que para obtenção de um grés natural, a sua matéria prima deve conter: argilas micáceas ou feldspatos, alcalis, oxido de ferro e cal, bem como certa percentagem de silicatos ácidos (que lhe conferem uma elevada resistência química).

Aplicações :

MANILHAS DE GRÉS CERÂMICO

É a aplicação de grés mais comum é a das manilhas, obtidas em moldes prensados segundo a forma tão conhecida de tubo terminando em "fuste" e "campânula". Normalmente cozidos em fornos intermitentes, são pulverizados com cloreto de sódio que lhes dá o vidrado exterior e interior ultimamente contestado. Embora o vidrado interior melhore as condições de escoamento, parece que a permeabilidade e absorção da peça, bem como a sua capacidade de resistência aos

[8] A matéria prima é a argila vitrificável.
[9] Feldspatos

ácidos, depende unicamente da qualidade e quantidade de vidrado interior, ou seja, do vidrado da própria massa. Em conclusão, uma manilha de grés cerâmico é o produto resultante da cozedura de uma pasta moldada mecanicamente, rica em sílica, vitrificável entre 1200º e 1350º e coberta por um vidrado obtido pela acção de vapores de sal comum, na fase final da cozedura.

Foram introduzidas ultimamente, algumas inovações no sistema de ligação de manilhas, através de anéis em polímero que por simples pressão estabelece uma ligação estanque que é flexível.

Os tubos de grés cerâmico têm dimensões definidas e devem comportar-se à deformação, à permeabilidade, pressão interior, compressão diametral, absorção e ataque de ácidos segundo as especificações.

Utilizam-se como condutas de saneamento, comportando-se muito bem para esse fim. Existem ainda uma série de acessórios tais como cruzetas, cotovelos, sifões, bocas de limpeza, etc.

Para um conhecimento mais profundo aconselha-se a consulta das seguintes normas:

. NP 500 – Características e recepção;
. NP 144 – Ensaio de ataque pelos ácidos;
. NP 174 – Ensaio de absorção de água;
. NP 501 – Determinação de dimensões;
. NP 502 – Ensaio de pressão interior:

· colocação de dispositivo para eliminação de pressões tangenciais. Extracção de ar. Aumento da pressão interior por intermédio de água. Rebentamento e leitura da pressão máxima introduzida;

◘ NP 503 – Ensaio de compressão diametral:

· pretende-se determinar a resistência de tubos à acção das solicitações exteriores. Também é chamado ensaio de três apoios. Obtém-se uma força de rotura por metro de manilha.

Ladrilhos de grés fino

São peças importantes para utilização em pavimentos de laboratórios, por resistirem bem ao ataque de ácidos, e em corredores de grande circulação por resistirem bem ao desgaste. A sua

fabricação é uma operação simples, residindo os maiores cuidados na escolha da matéria prima que deve ter uma composição química cuidada.

Este material é fabricado com grés artificiais, adicionando-se à pasta um pigmento, podem obter-se ladrilhos corados em toda a sua espessura (não tem portanto revestimento).

Nestes materiais realizam-se ensaios de desgaste:

· com o auxilio de uma máquina de desgaste medem-se inicialmente os provetes. Provoca-se um desgaste por percurso efectuado por um prato giratório transportando quantidade determinada de abrasivo. Medição final dos provetes.

TELHAS DE GRÉS

Com referência comercial grésil, são fornecidos dois tipos de telhas – Romana e Lusa. Que tem como principais características o bom aspecto estético, são impermeáveis, antiácidas, resistentes e antiaderentes às poeiras.

6.2.2. Porcelanas

Vamos mostrar o estudo global da porcelana, desde o seu aparecimento até à sua comercialização. Como breve definição pode-se descrever a porcelana como um produto denso, branco e translúcido, em que predominam três matérias-primas: Caulino, Feldspato e Quartzo, em que as percentagens relativas, bem como a temperatura de queima, determinam a classificação da porcelana.

Desde o inicio da sua fabricação, a porcelana tem um papel importante no dia a dia da nossa sociedade, devido às suas variadas aplicações, desde decorações até fins industriais.

Propriedades da Porcelana

Translucência

Esta propriedade que caracteriza e valoriza a porcelana manifesta-se pela transmissão de luz. Transmissão de luz (**Td**) da porcelana é determinada pela relação entre a intensidade de luz

transmitida (**I**) e a intensidade de luz incidente (**Io**). **Td=I/Io** sendo naturalmente dependente da espessura (**d**).

A translucência depende muitíssimo da estrutura da porcelana. As superfícies de contacto entre grãos e poros difundem a luz e portanto reduzem a translucência. Daí resulta que a porcelana adquire mais translucência durante a queima à medida que os poros diminuem de tamanho e a fase vítrea formada à custa da dissolução dos componentes cristalinos torna menos nítida as superfícies entre grãos. Quanto mais importante for a fase vítrea maior será a translucência.

Cor

A cor da porcelana depende das matérias-primas, isto é, da pureza das matérias-primas e da atmosfera em que se efectua o processo da queima, daí que estas características e condições devem ser seleccionadas e controladas cuidadosamente. São o ferro e o Titânio os agentes corantes que mais participam na composição das matérias-primas.
A determinação da cor é feita por colorímetros, por comparação da luz reflectida pelo espécime com um padrão como MgO ou $BaSO_4$ (Substâncias consideradas como tendo reactância de 100%.

Expansão – Contracção térmica e resistência ao choque térmico

Durante a queima dos corpos cerâmicos de porcelana ocorrem variações de volume devidas não só à decomposição e desintoxicação de caulina que tem lugar 500 – 600ºC e a que corresponde uma perda teórica de 14% em peso de água, mas devidas ainda a transformações polimorficas da sílica livre (quartzo).O coeficiente de expansão térmica da porcelana é menor do que a maioria dos outros produtos cerâmicos, facto esse que é conveniente para poder resistir aos choques térmicos.

A porcelana que resulta da queima a temperaturas mais elevadas apresenta menor expansão térmica, já que sendo quartzo o componente com maior expansão térmica, a sua dissolução a altas temperaturas e o aumento da fase vítrea atenuará a sua influência.

A porcelana química – técnica que exige alta resistência ao choque térmico requer na formulação das composições respectivas, quartzo em quantidade inferior a 10 – 15%. O quartzo pode até ser substituído por alumina, a qual não apresenta modificação de volume.

Matérias-Primas

As matérias-primas utilizadas na formulação da porcelana para além das três já referidas são: talco, sienito, apatite, calcite, dolomite, barite e alumina.

O tamanho de grão das matérias-primas deve ser inferior a 40 (um). Assim tanto o quartzo como o fedspato têm de ser moídos e o caulino lavado. O quartzo tem várias funções tanto na massa como no produto final, ele pode actuar como carga ou como agente refractário.

A forma mais vulgar dos cristais de quartzo isolados ou formando agrega dos utilizados na porcelana e geralmente provenientes de depósitos arenosos é irregular e angulosa e noutros casos é mais ou menos enrolada. O quartzo tem diferentes origens, pode ser de origem pegmatítica, veio ou filão, resíduo arenoso da lavagem do granito caulinizado, de areias fluviais marítimas, quarzito e cherte sendo estas as principais fontes de fornecimento para a indústria da porcelana.

Possui diferente poder fundente e velocidade de dissolução quando cozido numa mistura cerâmica, influenciado as propriedades do produto final relativamente a transparência no caso da porcelana.

A estrutura do quartzo é formada por átomos de Si em coordenação com átomos de oxigénio. Portanto o tetraedro SiO_4 é a unidade básica da estrutura do quartzo e dos outros polimorfos da sílica, tais como cristobalite e tridimite que também têm interesse na porcelana.

Do quartzo filoniano e do pegmatito somente o mais puro deve ser no fabrico de corpos porcelânicos; em Portugal existe bom quartzo nos filões quartzosos e nos pegmatitos. Os pegmatitos e filões estão ligados essencialmente a granitos e situam-se na sua maioria no norte de Portugal, a sua exploração concentra-se nos distritos de Viseu, Braga, Vila Real e Porto, na região sul somente em Évora. Quartzo de areia, cascalho e seixo, mais de 90% deste quartzo é utiliza do na indústria cerâmica. Para a porcelana apenas é viável areia quartzosa que apresente calibres entre 0.09mm-0.075mm. Esta areia quartzosa actua principalmente como carga reduzindo a plasticidade, a contracção em cozido, a deformação e o tempo de secagem e

aumentando a porosidade dos produtos cozidos pouco vitrificados e a resistência mecânica durante a queima. Os principais países produtores de areia quartzosa são: França, Bélgica, Checoslováquia e Estados Unidos da América. Portugal possui apenas depósitos em Rio Maior, Setúbal, Figueira da Foz, Águeda, Leiria e Alenquer algumas delas bastantes impuras. O quartzo de quattzito e cherte, tem origem numa rocha metamórfica que é muito rica em sedimentos de areia quartzosa é utilizado como substituto na falta do quartzo, os principais países produtores são: Inglaterra, ex-RDA, França e EUA.

Preparação do quartzo de filão e areia de quartzo

Se o quartzo se apresentar como cristal da rocha pode-se beneficiar o seu grau de pureza para valores tais como SiO_2 (99,9%), FeO(0,001%) e AlO(0,01). Para tal, os cristais individuais de quartzo são aparados por meios manuais visando a remoção das capas exteriores que contém naturalmente a maior parte de impurezas. Em seguida o quartzo é calcinado a uma temperatura 900-1000ºC para evitar contaminações sendo em seguida introduzido em água fria. Deste modo temos o quartzo reduzido a grãos de areia que será então fundindo quartzo de filão ou pegmatito tem composição média da seguinte forma: SiO_2 (99,5%) e Fe_2O_3 (0,01%). Em seguida o quartzo é moído em moinhos de maxilas, crivado e tratado quimicamente com uma solução de HCI. O quartzito geralmente é usado para refractários ácidos ou siliciosos e de produtos cerâmicos estruturais. Não são muito utilizados no fabrico da porcelana, apenas poderão ser utilizados como matéria-prima substituta. Os quartzitos situam-se normalmente em terrenos do Paleozóico ou mesmo do Precâmbrico. É também moído em moinho de maxilas e moinhos cónicos e a crivagem é feita em redes vibratórias que assim permite a sua separação granulométrica. A sua composição química é a seguinte: SiO_2 (96,5%), $A1_2O_3$ (2%), TiO_2 (0,3%), Fe_2O_3 (0,2%), MgO (0,25), CaO (0,25%), Na_2O (02%), K_2O (0,2%) e PR (0,5%).

A areia quartzosa resulta de processos de meteorização variados pelo que contém determinadas impurezas. Esta é submetida a vários processos de lavagem para tirar as impurezas. Caso as impurezas estejam firmemente ligadas, emprega-se uma solução de quente de H2SO4 diluído e ácido e oxálico. A qualidade das matérias-primas deve ser rigorosamente controlada porque, depois de fundidas, não podem ser removidas.

Tabela 3 – Composição química do quartzo de filão e areia usadas em cerâmica de quartzito e de cherte.

	Filão	AREIA	Quartzito	Cherte
SiO_2	99,70	99,15	96,71	98,91
TiO_2	----------	0,07	---------	0,005
$A1_2O_3$	0,10	0,20	1,71	0,14
Fe_2O_3	0,01	0,10	0,17	0,14
MgO	0,01	0,02	0,05	0,02
CaO	0,03	0,08	---------	0,04
Na_2O	0,01	0,15	0,34	--------
K_2O	0,01	0,10	---------	--------
PR	0,16	0,12	---------	0,45
TOTAL	100,03	99,99	98,98	99,705

Feldspato - matéria-prima constituinte da porcelana

Estes apresentam grande interesse para indústria da cerâmica. Os feldspatos podem apresentar cor branca, vermelha, amarela, verde, azul, cinzenta ou preta. Possuem densidade situada entre 2,54-2,64 e dureza entre 6-7 na escala de Mohs.

Quimicamente, os feldspatos são aluminossilicatos de K, Ca e Na. Constituem cerca de 60% das rochas da crusta terrestre mas só uma pequena parte é utilizada na indústria cerâmica pois a maioria está associada a muitas impurezas e a sua separação é impraticável. Na porcelana apenas é utilizado feldspato-K é muito ocasionalmente o feldspato-Na, o feldspato-Ca praticamente não é usado no fabrico da porcelana. O emprego quase exclusivo de determinados feldspatos deve-se às suas características de fusão, próprias de cada tipo de feldspato. Assim, o feldspato-K forma fusões de grande viscosidade a qual diminui ligeiramente, com a elevação da temperatura, proporcionando grande estabilidade contra a destruição dos corpos durante a queima. Por outro lado o feldspato-K contribui para aumentar a densidade do corpo cerâmico isto porque possui elevada temperatura de fusão que é entre 1410ºC-1435ºC o que lhe confere maior resistência mecânica. Outro aspecto importante é a distribuição dimensional do grão de feldspato moído pois

tem influência substancial na fusão e transparência.

Quanto mais finamente for moído o feldspato, mais baixa será a temperatura de vitrificação. Num determinado intervalo dimensional do grão verifica-se que a transparência da porcelana dura aumenta com o aumento da dimensão do grão do feldspato e do quartzo. O feldspato-Ca não é utilizado na porcelana porque possui alta temperatura de fusão e está associado a mais impurezas. As principais fontes desta matéria-prima são as rochas ígneas: sienito nefelinico, pegmatitos, aplitos e granitos leucocráticos.

Refinação e Beneficiação de feldspatos. O feldspato é extraído principalmente de pegmatitos; a sua exploração é feita através de rebentamentos e quebra da rocha; a selecção é feita à mão baseada em diagnose empírica (o feldspato-K é geralmente corado em tons de rosa ou vermelho tijolo enquanto o feldspato-Na é geralmente branco).

Em explorações mais modernas o feldspato intervém em processos sofisticados que compreendem a moagem fina e separação electromagnética de alta densidade que vão permitir a separação de micas, quartzo e outros minerais associados ao feldspato e até mesmo a separação entre feldspato-K e feldspato-Na.

O feldspato é moído inicialmente em moinhos de maxilas e finalmente em moinhos de discos que reduzem o grão médio até menos de 1mm. A separação entre feldspato e o quartzo é feita por flutuação, isto é, o feldspato tem de ser activado com HF e utiliza-se um colector orgânico (4-lauryl amina) e "fuel oil" como establilizador. O colector orgânico catíonico reveste o grão de feldspato com um filme hidrofóbico formando-se uma espuma que suspende o mineral quando o grão do mineral é agitado em água . Após o emprego desta técnica a suspensão do feldspato é seca e sujeita a uma separação electromagnética de alta densidade.

Tabela 4 – Composição ideal dos feldspatos

	Feldspato-K	Feldspato-Na	Feldspato-Ca
SiO_2	64,7	68,8	43,3
$A1_2O_3$	18,4	19,4	36,6
K_2O	16,9	----------	----------
Na_2O	----------	11,8	----------
CaO	----------	----------	20,1

Caulino – outra matéria-prima importante na produção de porcelana

O caulino é caracterizado como uma argila que coze branco ou quase branco e que é muito refractária. O caulino é constituído essencialmente por caulinite podendo haver haloisite associada. A rocha caulinizada, isto é, caulino em bruto possui caulinite ou outros politipos inferiores a 20% pelo que para a indústria se torna necessário enriquece-lo para valores que se situam entre 85%-95%. Além da caulinite o caulino pode conter outros minerais como quartzo, feldspato e micas. O caulino para a produção de porcelana deverá apresentar as seguintes características: cor branca após a queima a 1400ºC; $A1_2O_3$ 36% (34% para o caulino de segunda qualidade) TiO_2 1,2% (1,5% para caulino de segunda qualidade). Os caulinos sedimentares possuem em regra geral teores mais elevados de TiO (superiores a 1%) e de FeO em relação aos caulinos residuais.

A exploração do caulino faz-se normalmente a céu aberto utilizando máquinas escavadoras ou "monitores hidráulicos" enviando estes jactos de água sob pressão para as frentes de desmonte de modo a desintegrar a rocha caulinizada friável. A separação magnética húmida e outros métodos de beneficiação (branqueamento, delaminação, ultraflutuação com água ou ar e calcinação) permitem melhorar a cor dos caulinos e as suas propriedades reológicas.

Os caulinos haloisiticos são em regra quimicamente mais puros, cozem mais branco, são mais refractários e têm maior resistência mecânica em verde, em seco devido à trama desenvolvida pelos cristais tubulares mais ou menos alongados da haloisite. O rendimento de uma rocha caulinizada varia em regra 10-20%, isto é, são necessárias 10-20 toneladas de rocha caulinizada para produzirem 1-2 toneladas de caulino lavado. Os produtos refinados são objecto duma primeira beneficiação por homogeneização. Depois da refinação e lotação, as suspensões de caulino passam por prensas de filtração que eliminam grande parte da água que elas contêm. As "bôlas" de caulino resultantes desta prensagem e que não possuem mais 25% de água são cortadas e extraditas antes de serem um pouco mais desidratadas a baixa temperatura após este processo o caulino está pronto a ser comercializado. Em Portugal existem depósitos de caulino residual em Viana do Castelo, Vila do Conde, Matosinhos, Santo Tirso, Vila Nova de Gaia, Oliveira de Azeméis e S. João da Madeira.

Convém ainda novamente salientar certos minerais que actuam como fluxos .

Tabela 3 – Variação quantitativa relativa das principais impurezas minerais associadas à caulinite em função da granulometria

	Granito caluniado	< 38um	<10um	<2um
SiO_2	66,60	59,15	47,92	47,01
TiO_2	0,26	0,32	0,36	0,40
$A1_2O_3$	19,96	34,50	35,80	36,98
Fe_2O_3+ FeO	1,15	0,78	0,77	0,75
MgO	0,30	0,38	0,36	0,35
CaO	0,18	0,15	0,07	0,03
Na_2O	0,38	0,45	0,40	0,38
K_2O	3,90	2,65	1,95	1,48
P.R.	4,86	12,25	12,85	13,10
TOTAL	99,89	100,63	100,48	99,48

Técnica do fabrico da porcelana

Preparação da Pasta

A Porcelana é um produto cerâmica obtido pela cozedura a elevada temperatura de uma mistura em proporções variáveis e cuidadosamente estudadas, de caulino, quartzo e feldspato.

As matérias-primas recebidas pela fábrica são submetidas a ensaios físicos e a análises químicas, que mediante os resultados obtidos, nascem pequenas correcções introduzidas na composição da pasta, que asseguram a sua total fidelidade ao padrão original e evitam situações desastrosas durante a fabricação ou cozedura. Das três matérias-primas citadas, o caulino assume o papel de material plástico durante a fabricação e permite, devido à sua alta refratariedade, a cozedura das peças a elevada temperatura; o feldspato e o quartzo constituem materiais inerentes durante a fabricação, comportando-se o primeiro como fundente durante a cozedura e assegurando, pela formação de uma fase vítrea, a translucidez característica da porcelana; o

segundo, contribuindo juntamente com o caulino, para o formato do "esqueleto" que garante a estabilidade das peças.

A necessidade de assegurar a perfeita homogeneidade da composição e de facilitar as complexas reacções no estado sólido, que ocorrem durante a cozedura, exige a cuidadosa purificação do caulino e a redução, por moagem, do quartzo e do feldspato a partículas de dimensões extremamente finas, rigorosamente controladas pelos laboratórios da fábrica. Os materiais misturados nas exactas proporções fixadas laboratorialmente e reduzidas a dimensões pretendidas, em moagem por via húmida, constituem a chamada "pasta virgem"; a perfeita homogeneização é garantida pela forte agitação dos materiais em suspensão em água, feita em grandes tanques equipados com potentes agitadores. A eliminação de pequenas impurezas é feita por peneiração e por desferrização electromagnética. Obtida a suspensão peneirada e desferriazada é-lhe adicionada, em proporção rigorosamente fixada, a suspensão de pasta já trabalhada e que resulta da reciclagem da "atacagem" obtida no decorrer das várias fases do fabrico. A mistura das duas suspensões é então filtro-prensada para a eliminação da maior parte da água e obtenção das "bolachas" com um grau de humidade perfeitamente controlado. Para melhorar a homogeneidade da pasta e lhe retirar todo o ar ocluso as "bolachas" são passadas em amansadores de vácuo e reduzidas a cilindros que são armazenados para "envelhecimento".

Fabricação

No processo de fabrico são normalmente utilizadas duas técnicas diferentes: contramoldagem e lambugem. A escolha de uma das técnicas é feita mediante o objecto tenha um eixo de revolução, escolhendo-se então a contramoldagem, ou o objecto tenha forma irregular, escolhendo-se nesse caso a lambugem. Em casos muito especiais ainda se utiliza o fabrico por enchente.

Contramoldagem

Esta técnica utiliza actualmente quase só máquinas automáticas que procuram reproduzir o mais fielmente as diferentes operações de contramoldagem manual.

A contramoldagem manual é hoje uma técnica dificilmente dominável, por exigir uma longa

preparação do oleiro e um profundo conhecimento, embora muito empírico, do complexo comportamento reológico da argila.
Na contramoldagem mecânica de pratos ou pires, o operador coloca uma rodela de pasta com diâmetro e altura fixados em função do tipo de peça a fabricar, sobre um disco, do qual, depois de comprimida e espalmada, é transferida para a forma de gesso, com o formato no interior da peça, sendo em seguida, contramoldado o exterior da mesma por meio de uma cabeça metálica rotativa.

Lambugem

Designa-se por lamugem a suspensão, em água, dos materiais moídos que constituem a pasta de porcelana. Para se obter uma suspensão com o mínimo de água e o máximo de materiais secos é introduzido agentes dispersantes que facilitam alcançar o objectivo.
Conhecida desde o final do século XVIII, esta técnica baseia-se na capacidade de absorção de água pelos moldes de gesso e na consequente formação de uma camada de pasta no interior dos mesmos quando cheios de lambugem. Este processo de fabrico é utilizado essencialmente para peças de forma irregular e por isso, impossíveis de serem fabricadas por contramoldagem. Para se obter êxito com esta técnica é indispensável controlar rigorosamente o fabrico dos moldes e as características da lambugem, o que é feito nos laboratórios das fabricas.

Acabamento

Após a fabricação as peças são secas e acabadas. Por acabamento das peças entende-se o seu aperfeiçoamento com a eliminação de "rebarbas" resultantes dos processoa de fabrico, boleamento de bordos de pratos, pires ou chávenas, melhoria das superfícies, etc.
Durante esta operação devem ser eliminadas todas as peças defeituosas, cuja pasta poderá ser reciclada e misturada com a pasta virgem.

Chacotagem

Para que as peças possam ser vidradas devem sofrer uma primeira cosedura, a uma temperatura à volta de 1000ºC, destinada não só a dar

Á pasta uma certa resistência, que permite que as peças sejam manipuladas sem perigo, mas também para assegurar a porosidade necessária à operação de vidração.
Esta primeira cozedura é feita em forno continuo de vagonetas com uma capacidade superior a 10 ton/24h.

Vidração

A operação de vidração consiste em recobrir as peças com vidrado transparente, habitualmente incolor, que lhes dá, após a cozedura a altas temperaturas, um brilho agradável e torna a superfície macia ao tacto e de fácil limpeza, constituindo um suporte ideal para a aplicação das tintas e metais nobres utilizados na sua decoração. O vidrado deverá ter uma composição química bem definida para garantir o perfeito acordo com a pasta e um comportamento, durante a cozedura, que impossibilite o aparecimento de defeitos.
A técnica de vidração mais habitual é a imersão manual ou automática. As peças são mergulhadas individualmente num banho de vidrado e , à saída, sofrem um movimento rápido de rotação, para que aquele fique uniformemente espalhado na superfície das peças. Para chávenas é utilizada também a vidração automática por cortina, que consiste em fazer passar as peças através de cortinas da suspensão do vidrado convenientemente orientadas de forma a garantirem a perfeição do trabalho.

Cozedura

Só após a passagem pelos fornos de grande fogo, cozendo a temperaturas de 1380ºC / 1400ºC, se obtêm verdadeiramente a porcelana com as características que a definem: translucidez, vitrificação total e peso específico igual ou superior a 2,2. Esta é a fase mais importante e, também, a mais perigosa do processo. Durante a cozedura sucedem-se reacções no estado sólido, os feldspatos fundem, formando-se uma fase vítrea que envolve os restantes componentes, e eliminada a água de cristalização, assiste-se à formação de agulhas de mulite e dissoluções, aqui abordadas, apenas ligeiramente, as peças sofrem uma retracção, isto é, ficam reduzidas em todas as direcções. A partir dos 1100ºC, o vidrado começa a fundir, devendo o processo ficar terminado aos 1380ºC 1400ºC.

Durante a fase final da cozedura, a porcelana apresenta-se como amolecida, sendo esta fase extremamente perigosa para as peças de equilíbrio precário, que, se não forem acompanhadas por suportes especiais ficarão totalmente deformadas e inutilizadas.

Tipos de Porcelana

A classificação da porcelana é determinada pelas percentagens relativas das três principais matérias-primas (caulino, quartzo e feldspato) e também com a temperatura da queima. Esta é denominada "dura" quando a sua cozedura resulta de temperaturas entre 1380ºC e 1460ºC, denomina-se mole quando a queima resulta de temperaturas entre 1170ºC e 1270ºC.
O quadro que se segue mostra as formulações correspondentes aos tipos mais vulgares de porcelanas tendo somente as matérias-primas principais:

Tipos de porcelana	Caulino (%)	Feldspato (%)	Quartzo (%)
Porcelana mole	30-40	25-40	30-40
Porcelana fina	40-60	18-30	12-35
Porcelana artística	40-50	22-40	20-32
Porcelana sanitária	25-40	30-36	24-45
Porcelana eléctrica	40-50	20-28	22-40
Porcelana dura	45-50	20-25	20-25

Porcelana de Hotel

A indústria da porcelana de Hotel surgiu da necessidade de fabricar uma louça duradoira, sujeita a grande uso capaz de satisfazer as exigências dos restaurantes.
A composição da pasta para a porcelana de Hotel é bastante uniforme em toda a indústria, no entanto as fórmulas de cada fábrica são segredos zelosamente guardados. No entanto, podemos inserir este tipo de porcelana dentro da porcelana mole (ver tabela anterior). A porção de argila é menor do que noutras pastas de porcelana. Hoje em dia em algumas pastas é adicionada Alumina aumentando a resistência à flexão até 100%, realçando também a brancura da própria peça. A maior parte da produção desta porcelana é vendida directamente a hotéis e restaurantes. Algumas

séries são decoradas especialmente para clientes particulares. Habitualmente esta porcelana é vendida em jogos de peça.

Porcelana dura

Esta pasta triaxial cozida a alta temperatura (fina), foi inventada pelos chineses que sentiram uma necessidade de produzir louça de mesa. As peças são duras, resistentes e duradoiras. É difícil compreender porque é que actualmente o fabrico de porcelana dura em certas zonas é elevado, enquanto que noutras é muito baixo. Conclui-se que o fabrico recai em tradições muito antigas e técnicas herdadas dos lugares onde se fabrica. Este tipo de porcelana também se aplica no fabrico de porcelana de laboratório e porcelana artística.
A composição da pasta desta porcelana é de 50% de caulino, 25% de quartzo e 25% de feldspato. No entanto como as matérias-primas não são sempre puras as proporções actuais variam consideravelmente de fábrica para fábrica.

Porcelana de cozinha

A porcelana de cozinha compreende o fabrico de porcelana para a cozinha, ou seja, peças resistentes ao forno e à chama, peças capazes de resistir ao choque térmico dos 150ºC à saída do forno e à imersão em água fria. Peças que apresentem uma superfície lisa, dura, sem fissuras que aguentem a absorção de detergentes mais forte, conservando ao mesmo tempo a decoração e tendo também uma resistência mecânica aceitável.
As pastas de cerâmica para o forno e chama são muito diferentes das de louça de mesa corrente, no entanto os processos de moldagem e cozedura são os mesmos.
A composição da pasta deste tipo de porcelana está inserida (na tabela) na porcelana fina. Este tipo de porcelana deverá ter um coeficiente de dilatação muito baixo (2*10 ºC). Somente as pastas ricas em minerais de litio serão adequadas.
O problema do vidrado ainda é mais sério, porque somente o vidrado desvitrificado parece adequado. Algumas pastas com coeficientes de dilatação da ordem de 4 a 5* 10-6 ºC.
A porcelana para utensílios de cozinha é resistente à chama e ao fogo sofre uma grande competência por parte dos materiais utilizados. A única maneira de expandir o mercado é por

conjunção de uma grande qualidade técnica com um excelente desenho artístico.

Porcelana de ossos ("Bone China")

A porcelana de ossos ("Bone China") é uma estranha pasta cerâmica que se preparou pela primeira vez em Inglaterra em meados do século XVIII.

A porcelana de ossos é muito resistente, branca e muito translúcida. A formula clássica da porcelana de ossos é a seguinte: 20-30% de caulino, 25-30% de pegmatite, 25-30% de cinzas de ossos. A cinza de ossos que a indústria cerâmica utiliza são procedentes de ossos de gado bovino devidamente limpos a vapor e calcinados a 1000ºC deixando cerca de 1% de matéria orgânica. O produto calcinado é posteriormente submetido a um moinho onde é desfeito e seco, onde se lhe retira 105 de humidade. A decoração das peças é feita sobre o vidrado à base de calcomanias, serigrafia e a mão com um pincel.

A porcelana Inglesa de ossos tem fama mundial como louça fina de mesa. Isto deve-se às suas propriedades físicas, à sua qualidade estética e aos esforços de promoção por parte dos fabricantes.

Porcelana de artigos sanitários vitrificados

Os primeiros artigos sanitários fabricam-se com uma pasta de argila refractária, o que dava uma estrutura bastante porosa. Isto dificultava a correcta aplicação de um vidrado. Nos princípios do século XX a maioria dos fabricantes adoptaram por uma pasta branca e vitria.

A louça sanitária actual é uma pasta de grão fino com uma porosidade de menos 0,5%, coberta de um vidrado do tipo da porcelana. A superfície do vidrado tem excelente resistência à absorção aos detergentes e aos ácidos.

A maior para a indústria cerâmica sanitária seria a dos plásticos, com a vantagem do seu pouco peso, boa resistência ao impacto e métodos de moldagem rápidos. No entanto o plástico não resiste tanto à absorção. Em Portugal produzem-se descargas de WC em plástico, as cerâmicas de artigos sanitários actualmente não podem competir devido ao preço elevado.

A composição da pasta varia segundo diversas fábricas varia segundo diversas fábricas, variando também dentro da mesma empresa, devido a que sempre se tenta obter materiais de

mínimo custo, aumentando assim a produção. A fórmula clássica para a produção é de: 25-40% de caulino, 30-36% de feldspato e 22-40% de quartzo.

O vidrado prepara-se da forma normal e aplica-se por pulverização manual ou mecanicamente sobre as peças secas. A espessura do vidrado cozido é de 0,2 a 0,4 mm. Para vidrados colorados junta-se um colorante em solução. Quanto mais opaco for o vidrado menos branca pode ser a pasta utilizada, podendo-se utilizar matérias-primas mais baratas.

Porcelana de Azulejos

Em geral há dois tipos desta porcelana: a de parede com uma absorção de 8-18%, com um vidrado branco ou de cor e a de solos com uma pasta vítrea branca ou de cor. Actualmente esta porcelana é utilizada nas casas de banho e na cozinha tanto nas paredes (azulejos) como no chão, escolhendo-se um material duradoiro e fácil de limpar. Na composição de mosaicos para solos evidencia-se a elevada proporção de feldspato (50-60%) obtendo uma pasta vitrificada depois de cozida com uma absorção nula.

Nos azulejos para parede é de realçar a elevada percentagem de talco (60-80%). Os vidrados são feitos a baixa temperatura. A superfície pode ser brilhante, feita com algum efeito especial. Mas cada fabricante tem marcas preferenciais exclusivas. Estas cerâmicas enfrentam no mercado muitos tipos de produtos que aparecem para revestimentos de parede e solos, é o caso de revestimentos de plástico e borracha. No entanto os revestimentos de cerâmica tem mais vantagem devido à sua elevada resistência ao desgaste e permanência ao calor.

A composição da pasta deste tipo de porcelana engloba-se na porcelana de artigos sanitários vitrificada (ver tabela).

Porcelana eléctrica

Esta indústria praticamente não existia antes do século XX. Logo ao ter que transportar energia eléctrica a maiores distâncias e voltagens superiores. O isolador eléctrico deverá ter boas características e ao mesmo tempo boa resistência mecânica.

A pasta começou por ser feita de uma forma convencional, mas recentemente fabricantes fizeram grandes esforços para melhorar a sua homogeneidade e aumentar a sua resistência. A

pasta usada na porcelana eléctrica é bastante rica em caulino (40-50%), (30-40%) quartzo e (20-28%) feldspato. Muitos fabricantes vão substituindo o quartzo por alumina para conseguir um aumento da resistência de 50% para 100%. Hoje em dia quase todo o vidrado da porcelana eléctrica é de feldspato. Aplicando-se à pistola nos isoladores maiores e por imersão automática nos isoladores mais pequenos.

Estes produtos são vendidos directamente às companhias eléctricas ou ao fabricante de material eléctrico. Com este fim estes produtos contam com um nível de vendas considerável.

Em resumo, o fabrico de isoladores eléctricos é um dos processos cerâmicos mais difíceis. As peças grandes (até 4,5m de altura e 1m de diâmetro) deverão ser perfeitas e de dimensões precisas, só confiáveis a um bom fabricante.

Porcelana dentária

Estas pastas pouco correntes, venderam-se durante anos para substituir dentes humanos. Na actualidade existem 4 ou 5 empresas que a fabricam.
A pasta clássica é um composto com pouca argila, (81% de feldspato potássico, 14% de quartzo e 5% de argila).
Os dentes são formados em moldes metálicos nos quais se aplicam revestimentos de platina.

Produção em Portugal de Porcelana

As fábricas em Portugal de porcelana tendem a localizar-se junto às matérias-primas, nomeadamente nos distritos de Viana do Castelo, Braga, Porto e Aveiro, localização era para minimizar os custos do produto. De 1991 a 1995 quer a produção quer as vendas aumentaram com excepção do ano de 1993, após esse ano até 1995 houve um aumento de 14%, sendo as vendas superiores a 6 milhões de contos, valores estes para a porcelana doméstica e decorativa. No que respeita às vendas de exportação, os principais países de destino dos produtos são a Espanha, França, Itália e EUA, tendo-se assim revelado o mercado Espanhol o mais importante.

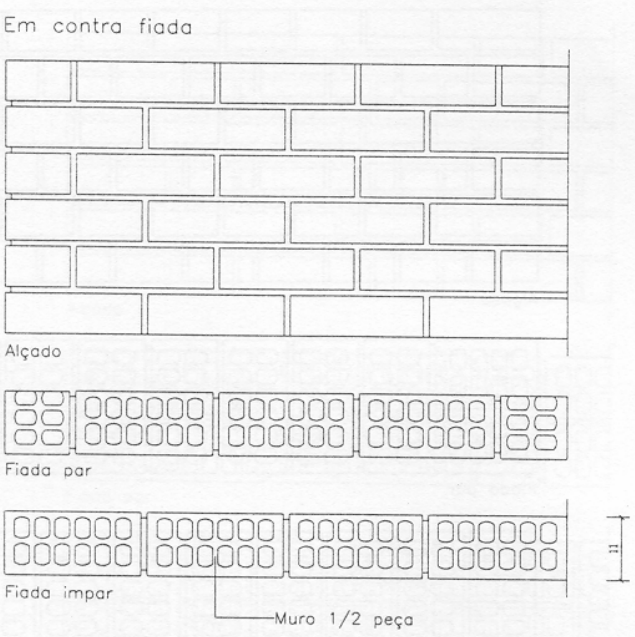
Quanto às perspectivas pensa-se que a economia Portuguesa, a curto prazo deverá reflectir a tendência de outras economias europeias, ou seja, uma desacelaração da actividade. Assim podendo vir a sofrer as implicações de uma continuada redução da procura externa.

Relação dos desenhos de pormenores construtivos em TFV

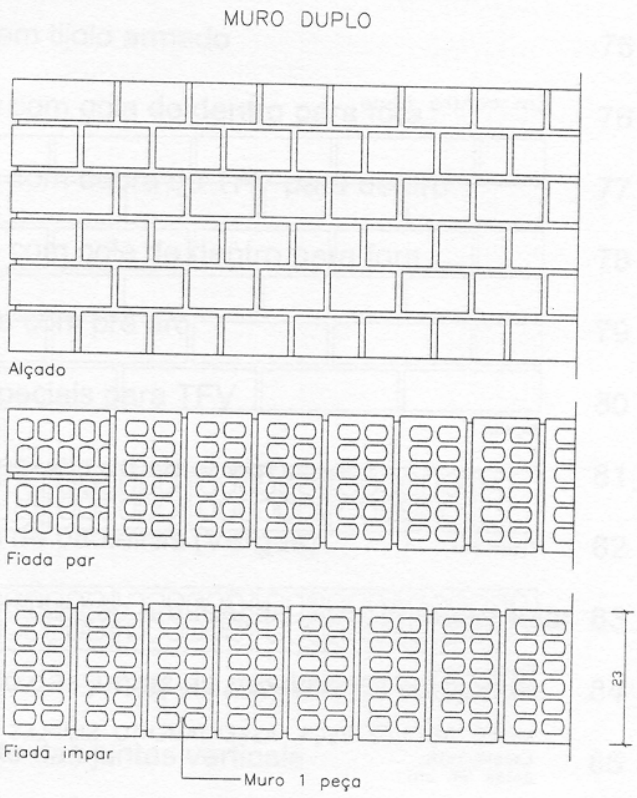
Desenhos **Pág**

Muro de ½ peça – Assentamento simples ---------- 85
Muro de 1 peça – Assentamento espanhol ---------- 86
Muro de 1 peça – Assentamento flamengo ---------- 87
Muro de 1 peça – Assentamento Inglês normal ---------- 88
Muro de 1 peça – Assentamento Inglês simples ---------- 89
Muro de 1 peça – Assentamento Belga ---------- 90
Parede dupla com caixa de ar (perfil) ---------- 91
Parede dupla com caixa de ar (planta) ---------- 92
Juntas de assentamento ---------- 93
Juntas de ventilação e drenagem da caixa de ar ---------- 94
Apoio de parede dupla sobre a viga de fundação ---------- 95
Parede dupla (TFV) com pavimento intermédio ---------- 96
Laje intermédia com consola de apoio para TFV ---------- 97
Pavimento intermédio com cantoneira de apoio ---------- 98
Pavimento intermédio com apoio total do TFV ---------- 99
Peitoril com dupla peça ---------- 100
Caixas de estore com betão ---------- 101
Ombreira com gole de dentro para fora ---------- 102
Caixilharia com pré aro ----------103
Tratamento das juntas de movimento horizontais ----------104
Tratamento das juntas verticais ---------- 105

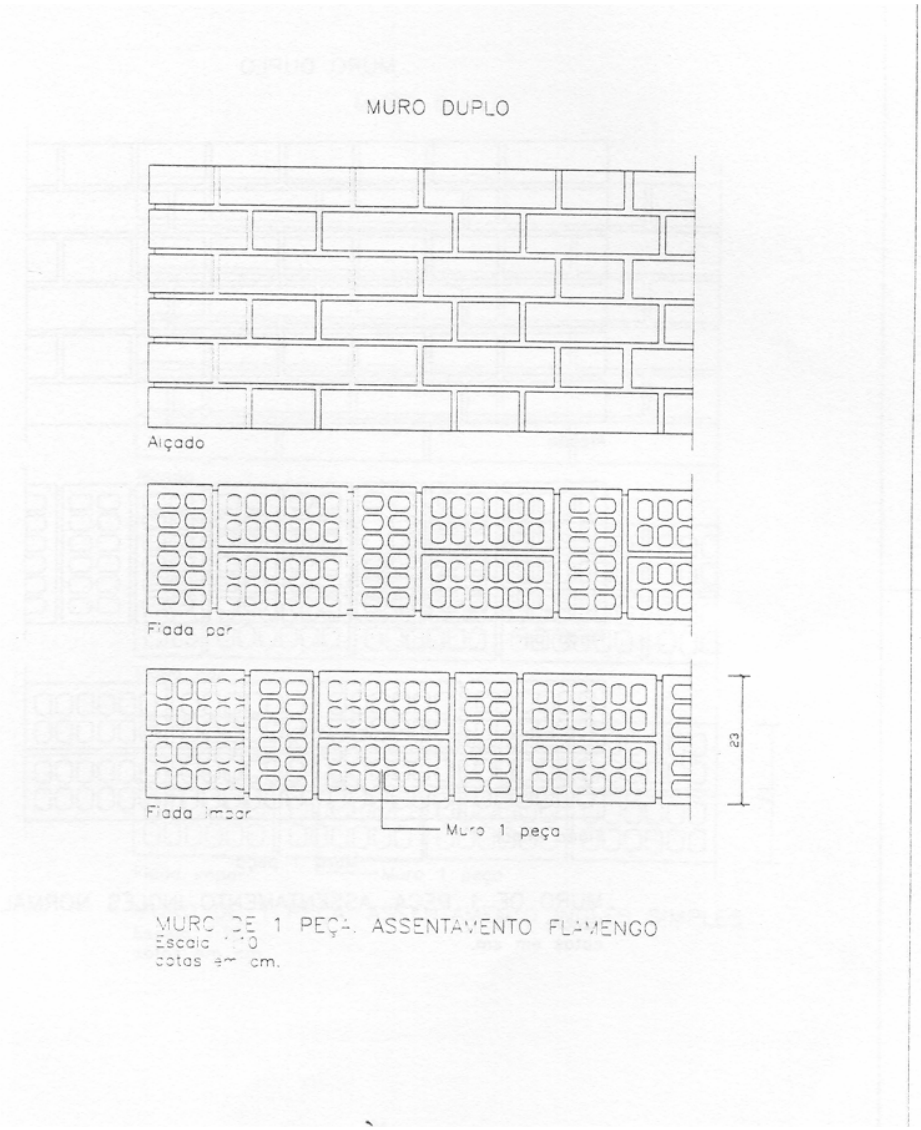
TIPO DE ASSENTAMENTO MAIS USUAL



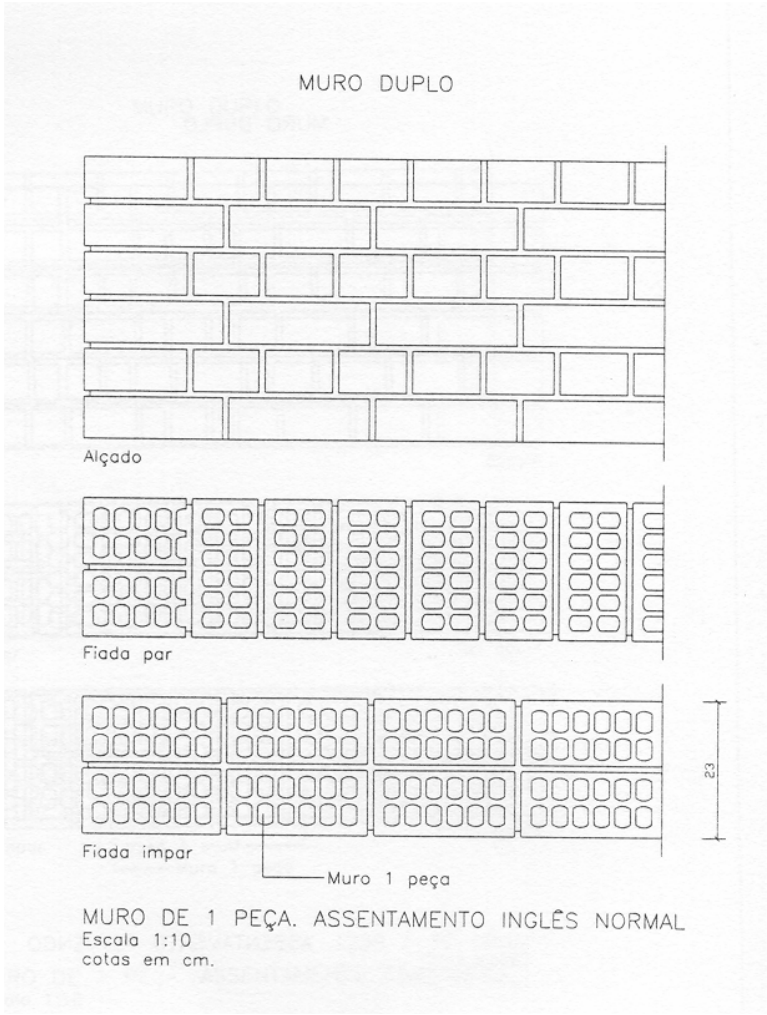
MURO DE 1/2 PEÇA. ASSENTAMENTO SIMPLES
Escala 1:10
cotas em cm.

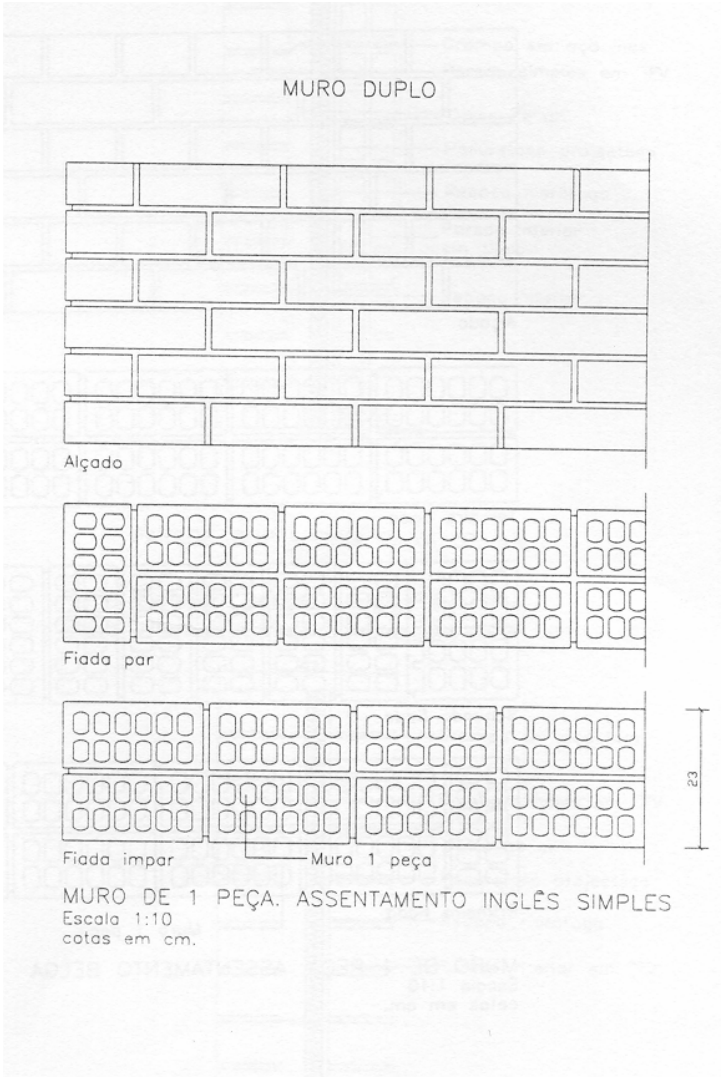


MURO DE 1 PEÇA. ASSENTAMENTO ESPANHOL
Escala 1:10
cotas em cm.

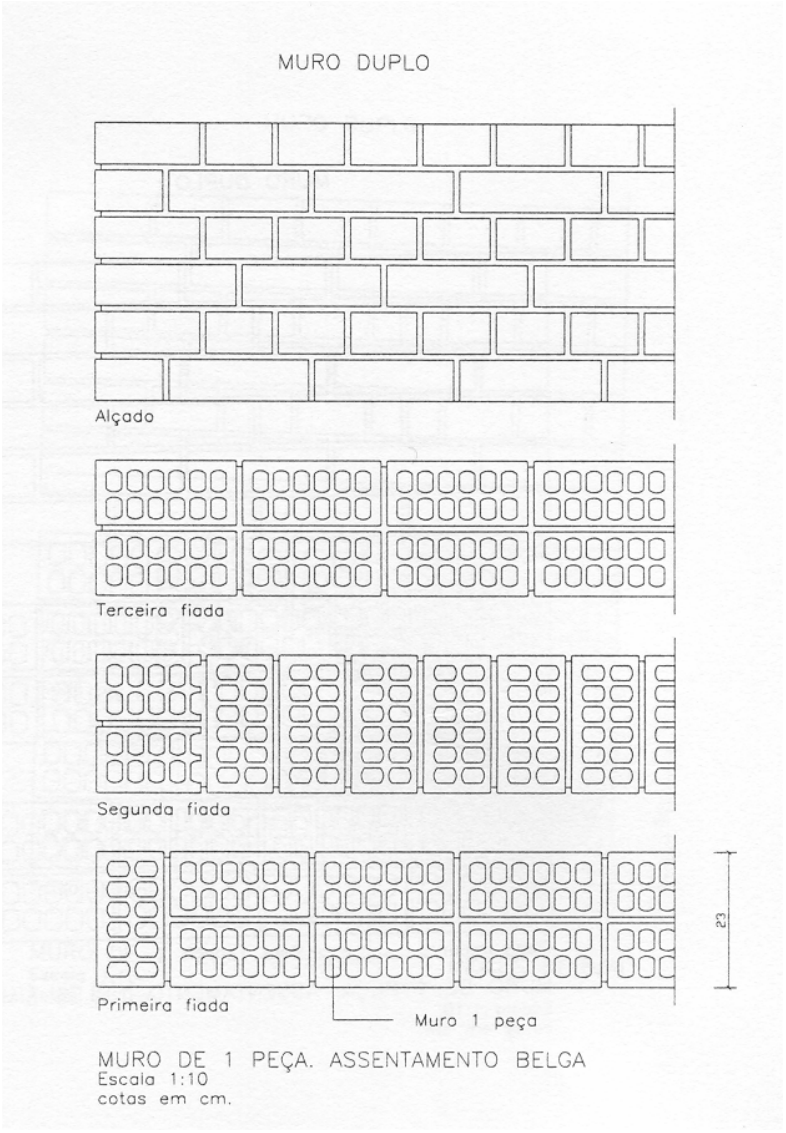


MURO DE 1 PEÇA. ASSENTAMENTO FLAMENGO
Escala 1:10
Cotas em cm.

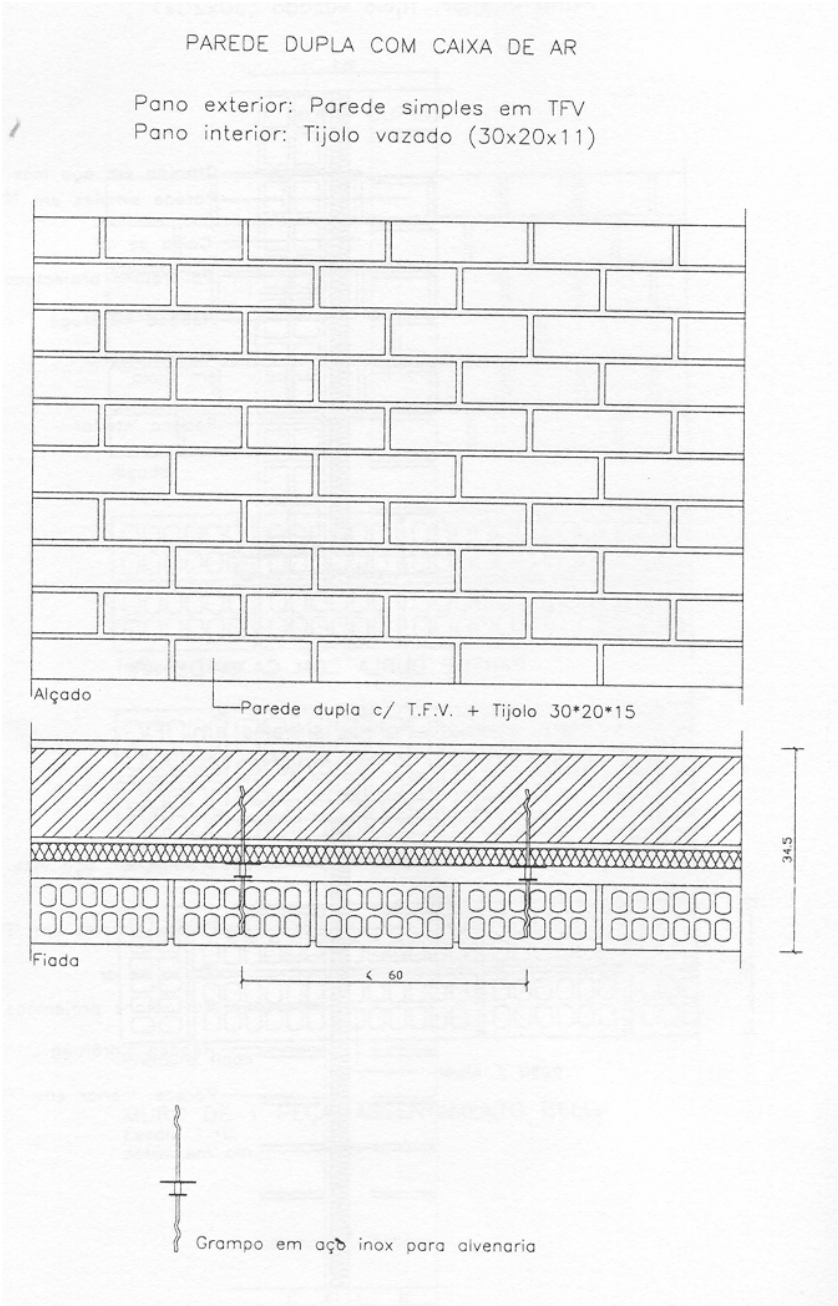

MURO DUPLO
Alçado
Fiada par
Fiada impar
23
Muro 1 peça
MURO DE 1 PEÇA. ASSENTAMENTO INGLÊS NORMAL
Escala 1:10
cotas em cm.

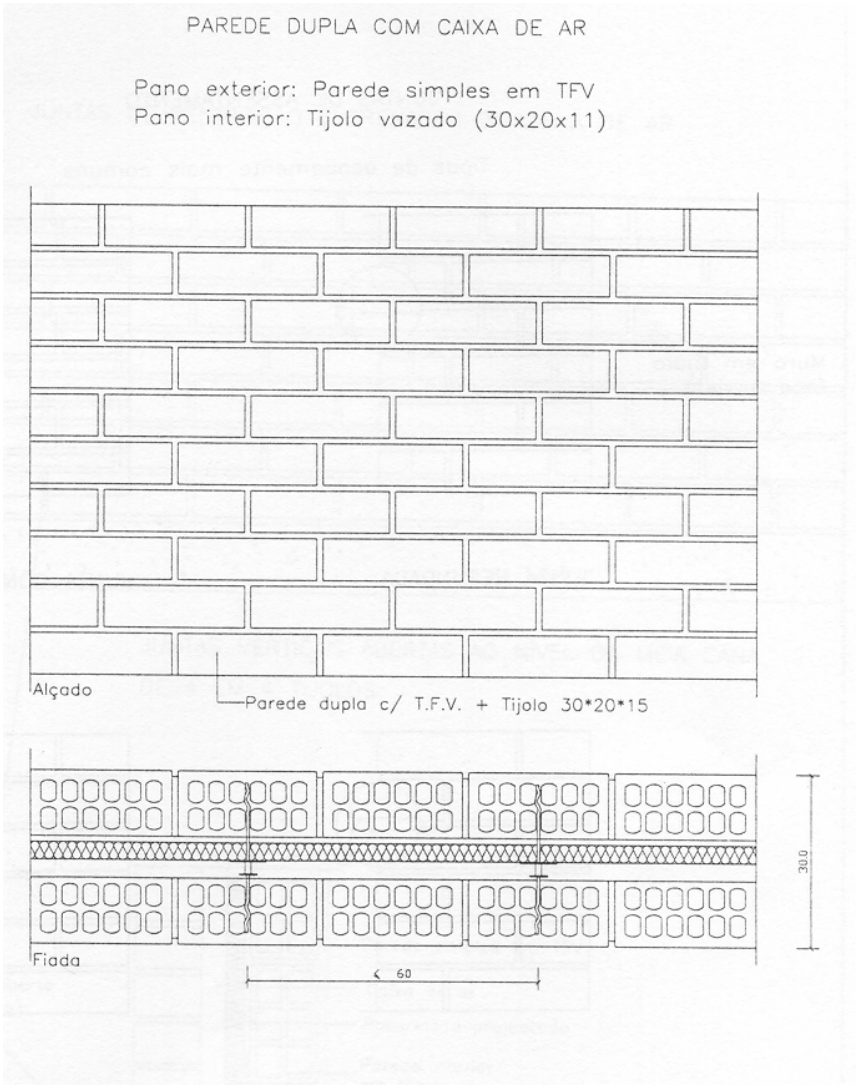


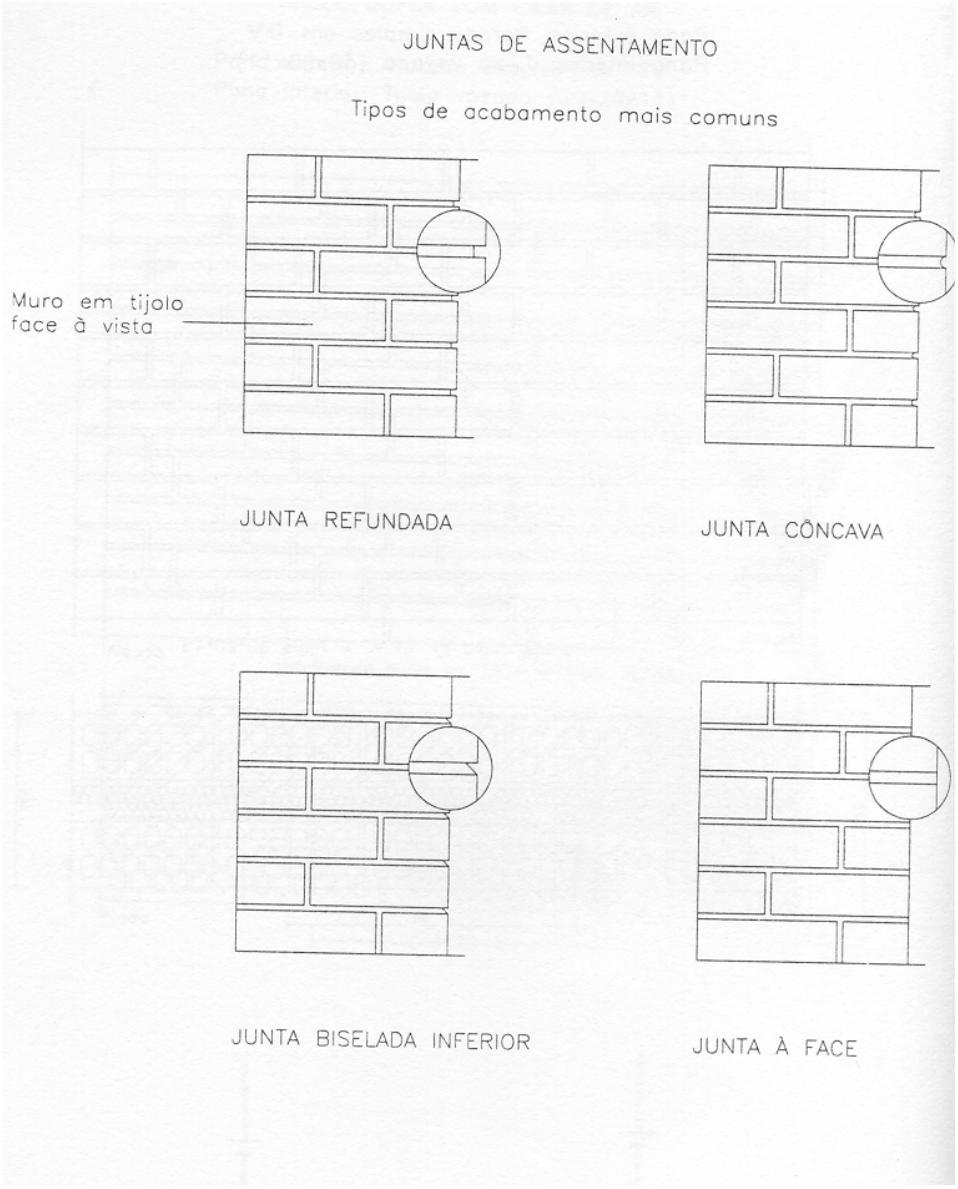
MURO DE 1 PEÇA. ASSENTAMENTO INGLÊS SIMPLES
Escala 1:10
cotas em cm.

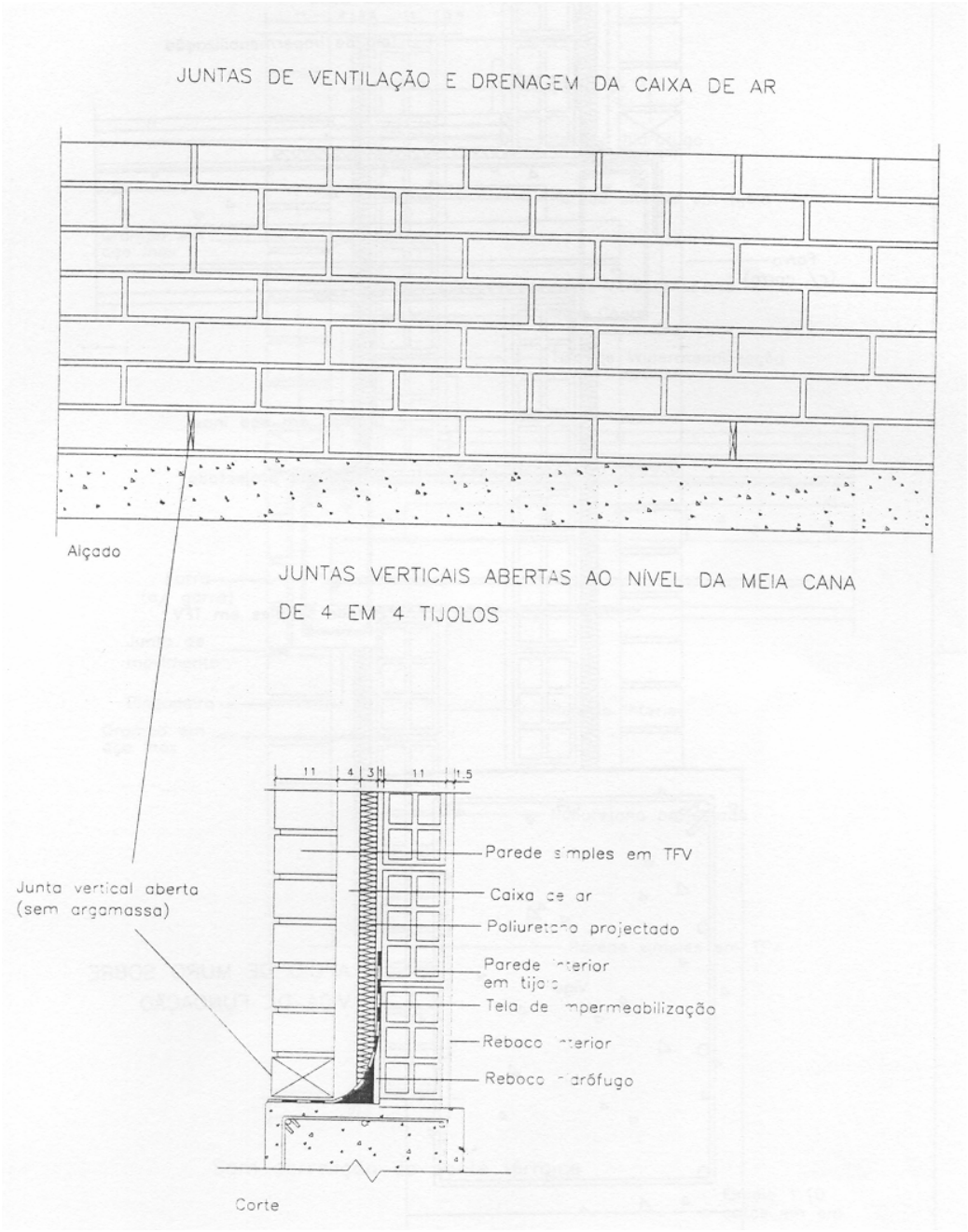


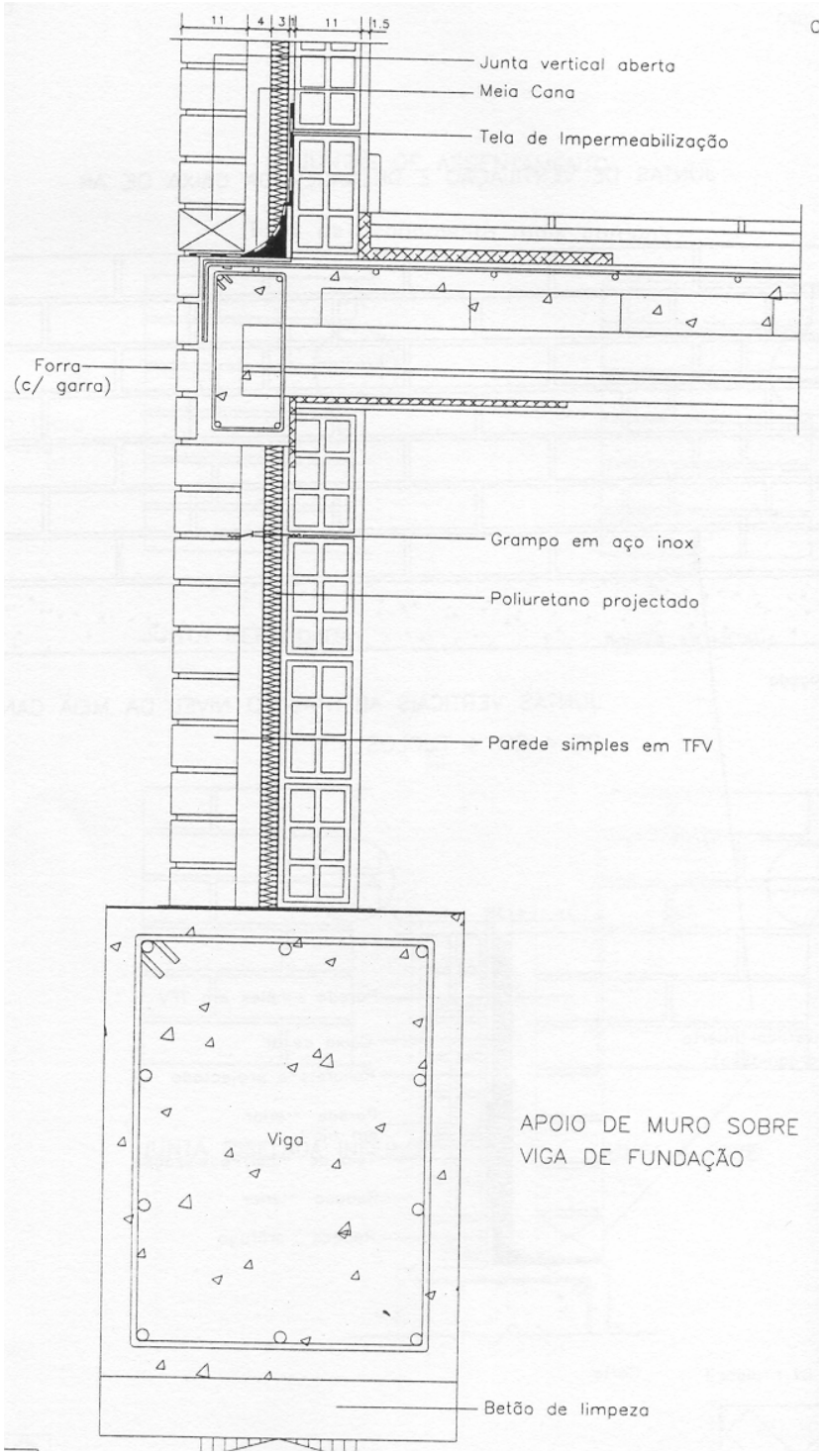
MURO DE 1 PEÇA. ASSENTAMENTO BELGA
Escala 1:10
cotas em cm.

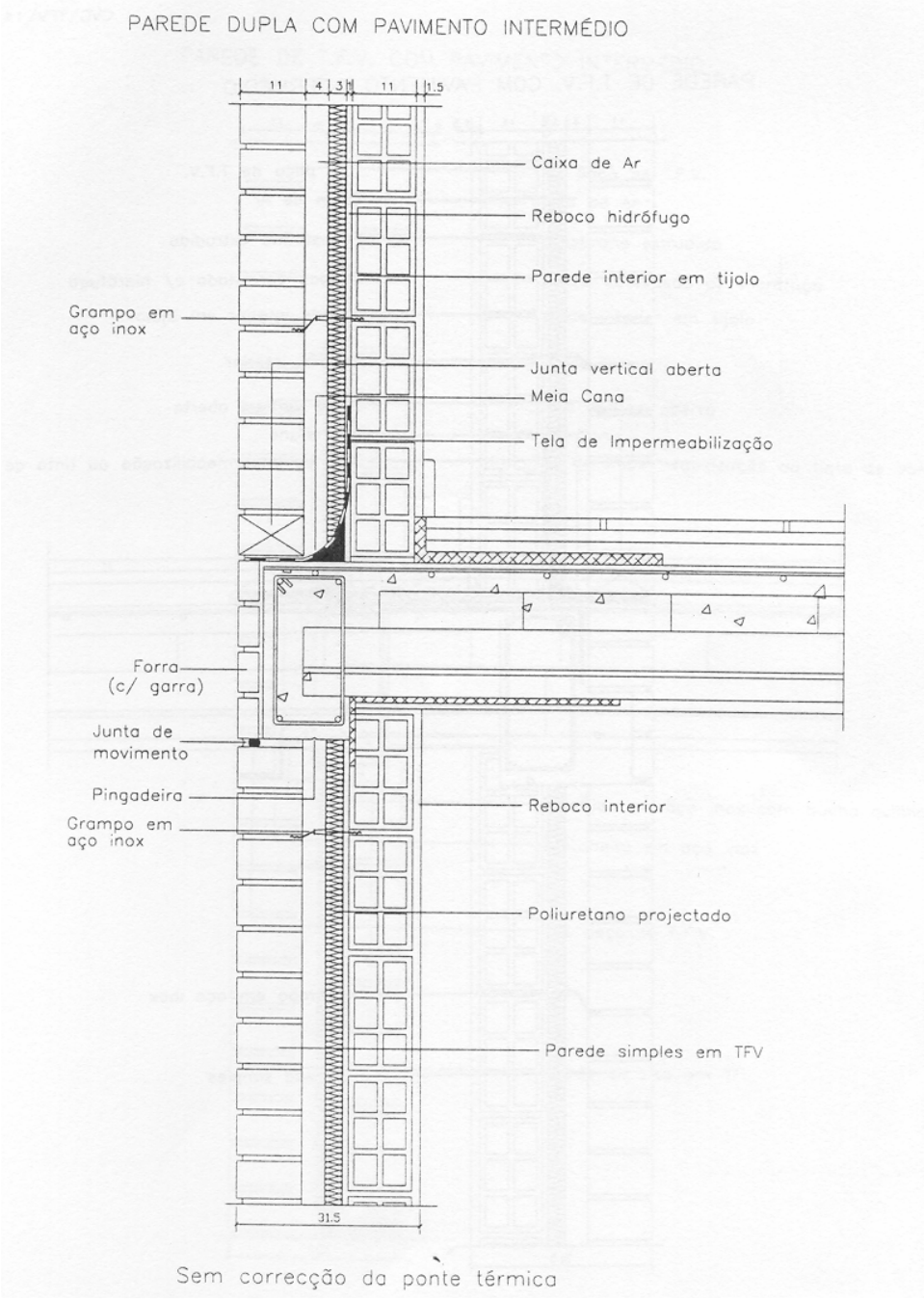

PAREDE DUPLA COM CAIXA DE AR
Pano exterior: Parede simples em TFV
Pano interior: Tijolo vazado (30x20x11)
Alçado
Parede dupla c/ T.F.V. + Tijolo 30*20*15
34,5
Fiada
< 60
Grampo em aço inox para alvenaria

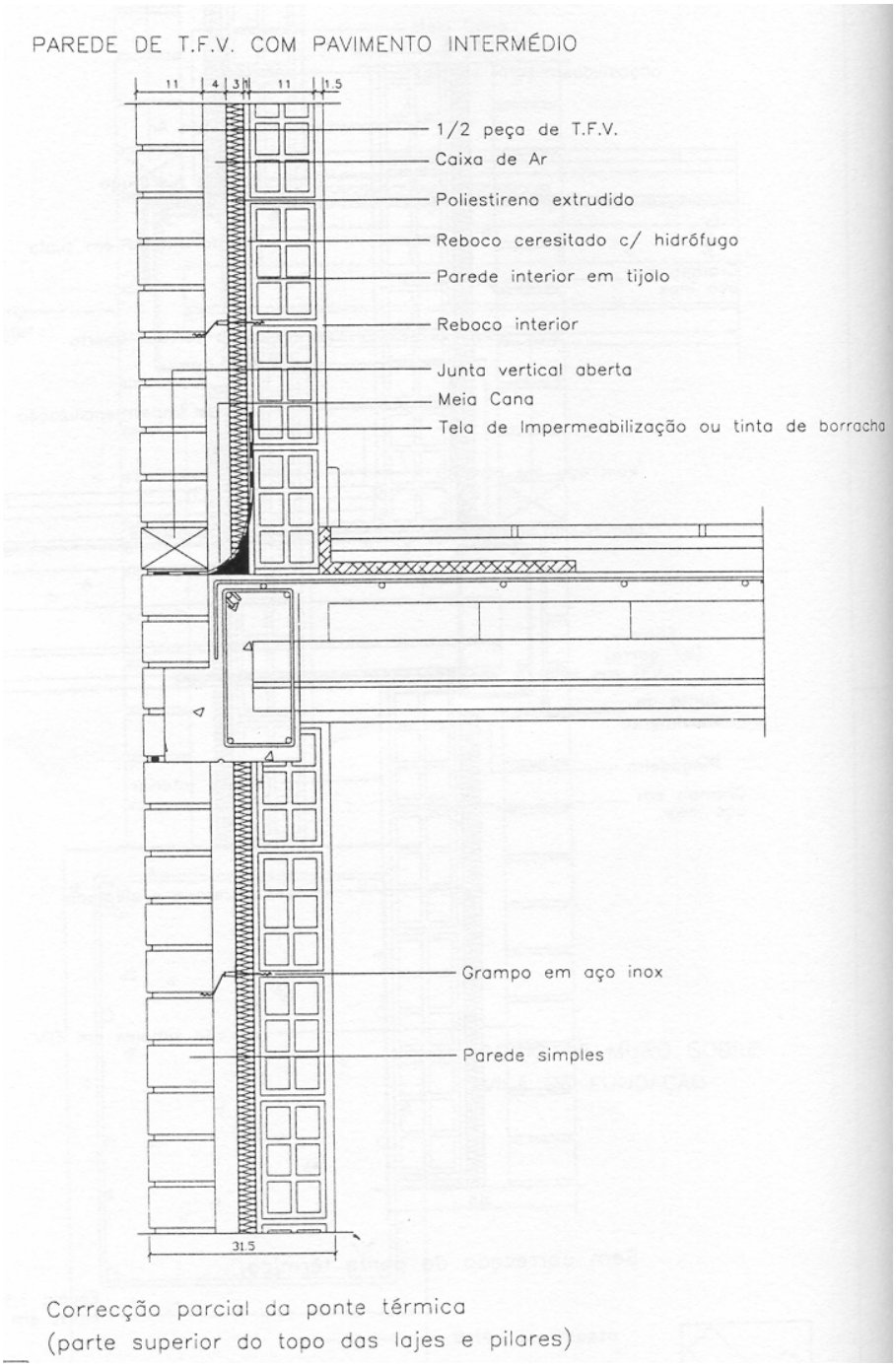

PAREDE DUPLA COM CAIXA DE AR
Pano exterior: Parede simples em TFV
Pano interior: Tijolo vazado (30x20x11)
Alçado
Parede dupla c/ T.F.V. + Tijolo 30*20*15
30.0
Fiada
< 60


JUNTAS DE ASSENTAMENTO
Tipos de acabamento mais comuns
Muro em tijolo face à vista
JUNTA REFUNDADA
JUNTA CÔNCAVA
JUNTA BISELADA INFERIOR
JUNTA À FACE

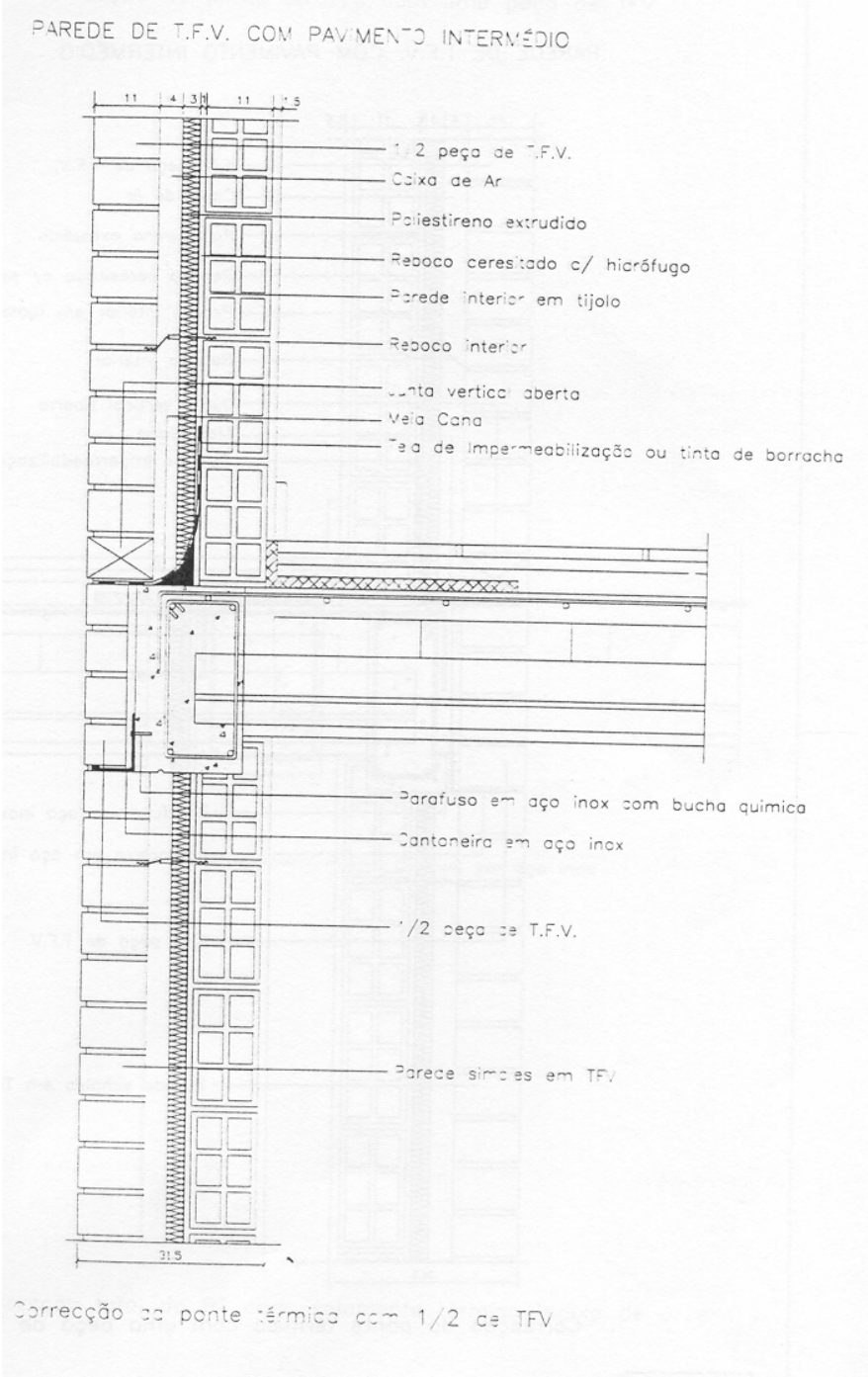

JUNTAS DE VENTILAÇÃO E DRENAGEM DA CAIXA DE AR
Alçado
JUNTAS VERTICAIS ABERTAS AO NÍVEL DA MEIA CANA
DE 4 EM 4 TIJOLOS
Junta vertical aberta
(sem argamassa)
11
4
3
11
1.5
Parede simples em TFV
Caixa de ar
Poliuretano projectado
Parede interior
em tijolo
Tela de impermeabilização
Reboco interior
Reboco hidrófugo
Corte

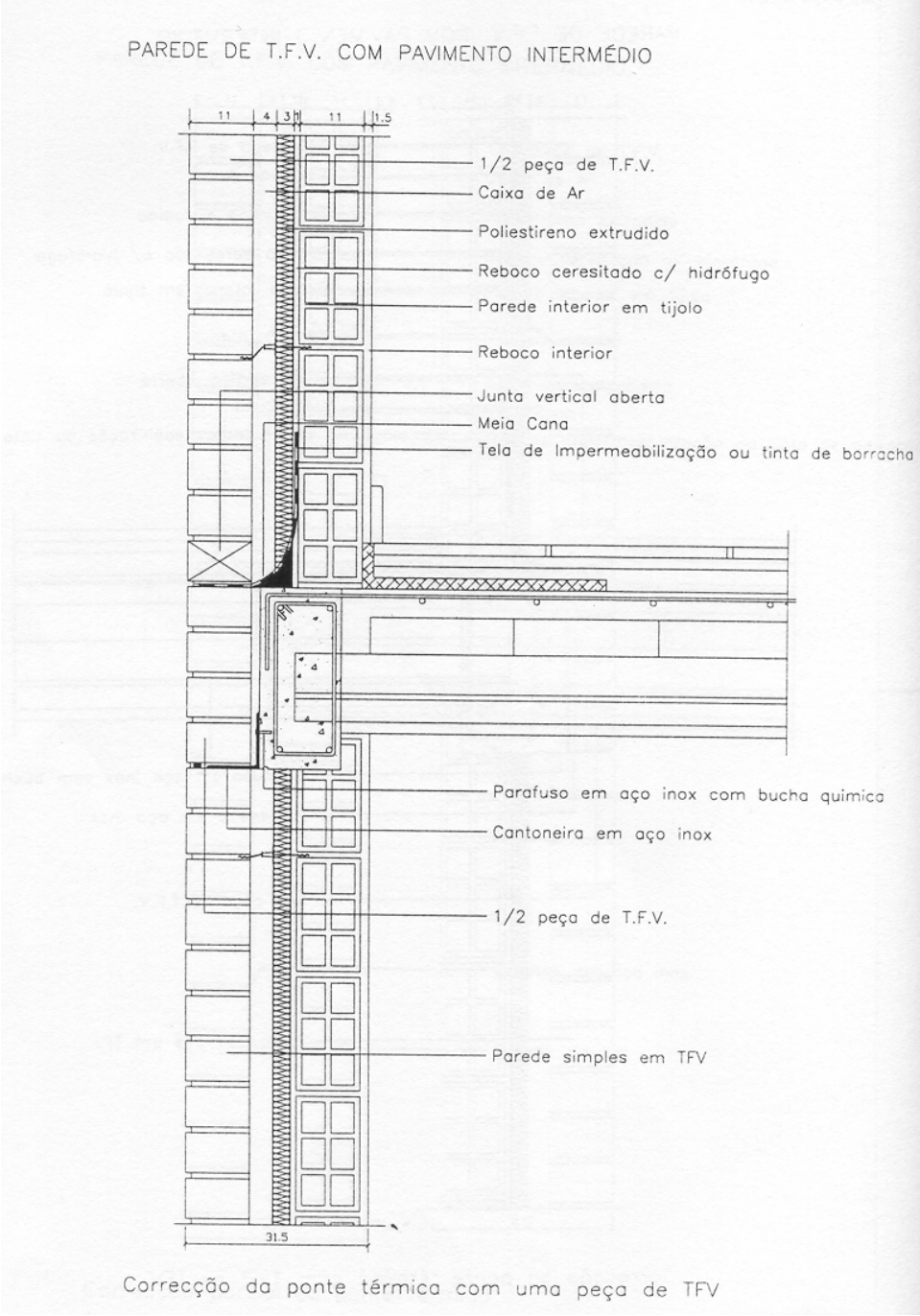

11
4
3
11
1.5
Junta vertical aberta
Meia Cana
Tela de Impermeabilização
Forra
(c/ garra)
Grampo em aço inox
Poliuretano projectado
Parede simples em TFV
Viga
Betão de limpeza
APOIO DE MURO SOBRE
VIGA DE FUNDAÇÃO

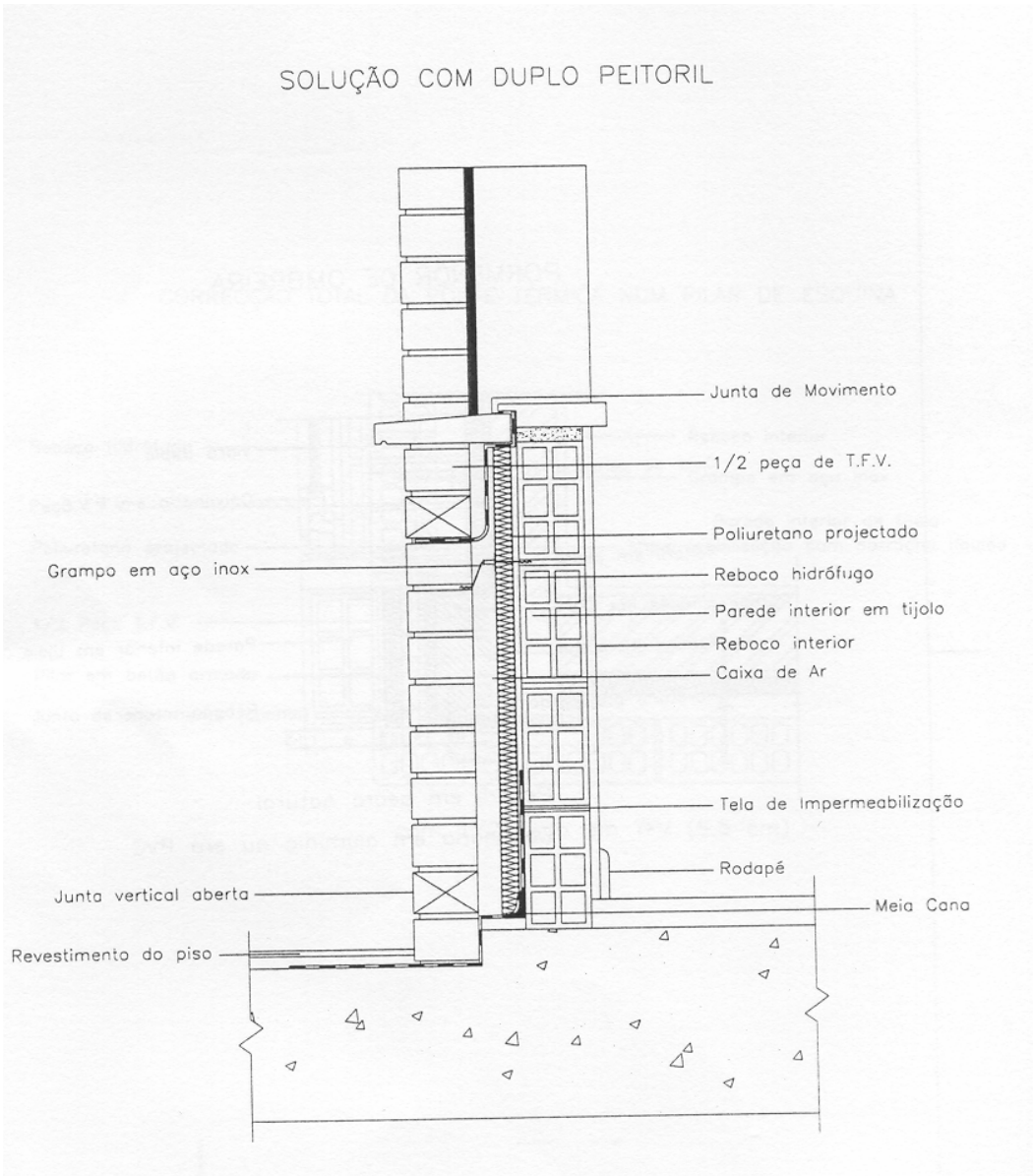

PAREDE DUPLA COM PAVIMENTO INTERMÉDIO
11
4
3
11
1.5
Caixa de Ar
Reboco hidrófugo
Parede interior em tijolo
Grampo em aço inox
Junta vertical aberta
Meia Cana
Tela de Impermeabilização
Forra (c/ garra)
Junta de movimento
Pingadeira
Grampo em aço inox
Reboco interior
Poliuretano projectado
Parede simples em TFV
31.5
Sem correcção da ponte térmica



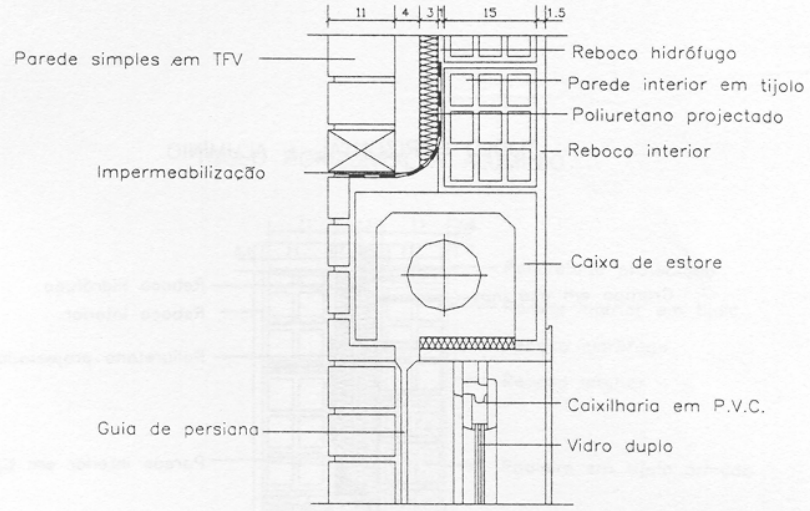
Correcção parcial da ponte térmica
(parte superior do topo das lajes e pilares)


PAREDE DE T.F.V. COM PAVIMENTO INTERMÉDIO
11
4
3
11
1.5
1/2 peça de T.F.V.
Caixa de Ar
Poliestireno extrudido
Reboco ceresitado c/ hicrófugo
Parede interior em tijolo
Reboco interior
Junta vertical aberta
Meia Cana
Tela de impermeabilização ou tinta de borracha
Parafuso em aço inox com bucha química
Cantoneira em aço inox
1/2 peça de T.F.V.
Parede simples em TFV
31.5
Correcção da ponte térmica com 1/2 de TFV

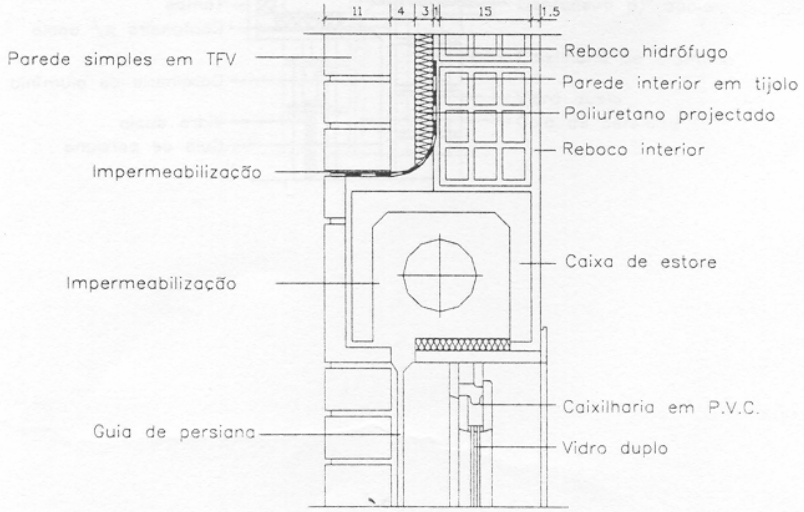

PAREDE DE T.F.V. COM PAVIMENTO INTERMÉDIO
11
4
3
11
1.5
1/2 peça de T.F.V.
Caixa de Ar
Poliestireno extrudido
Reboco ceresitado c/ hidrófugo
Parede interior em tijolo
Reboco interior
Junta vertical aberta
Meia Cana
Tela de Impermeabilização ou tinta de borracha
Parafuso em aço inox com bucha quimica
Cantoneira em aço inox
1/2 peça de T.F.V.
Parede simples em TFV
31.5
Correcção da ponte térmica com uma peça de TFV

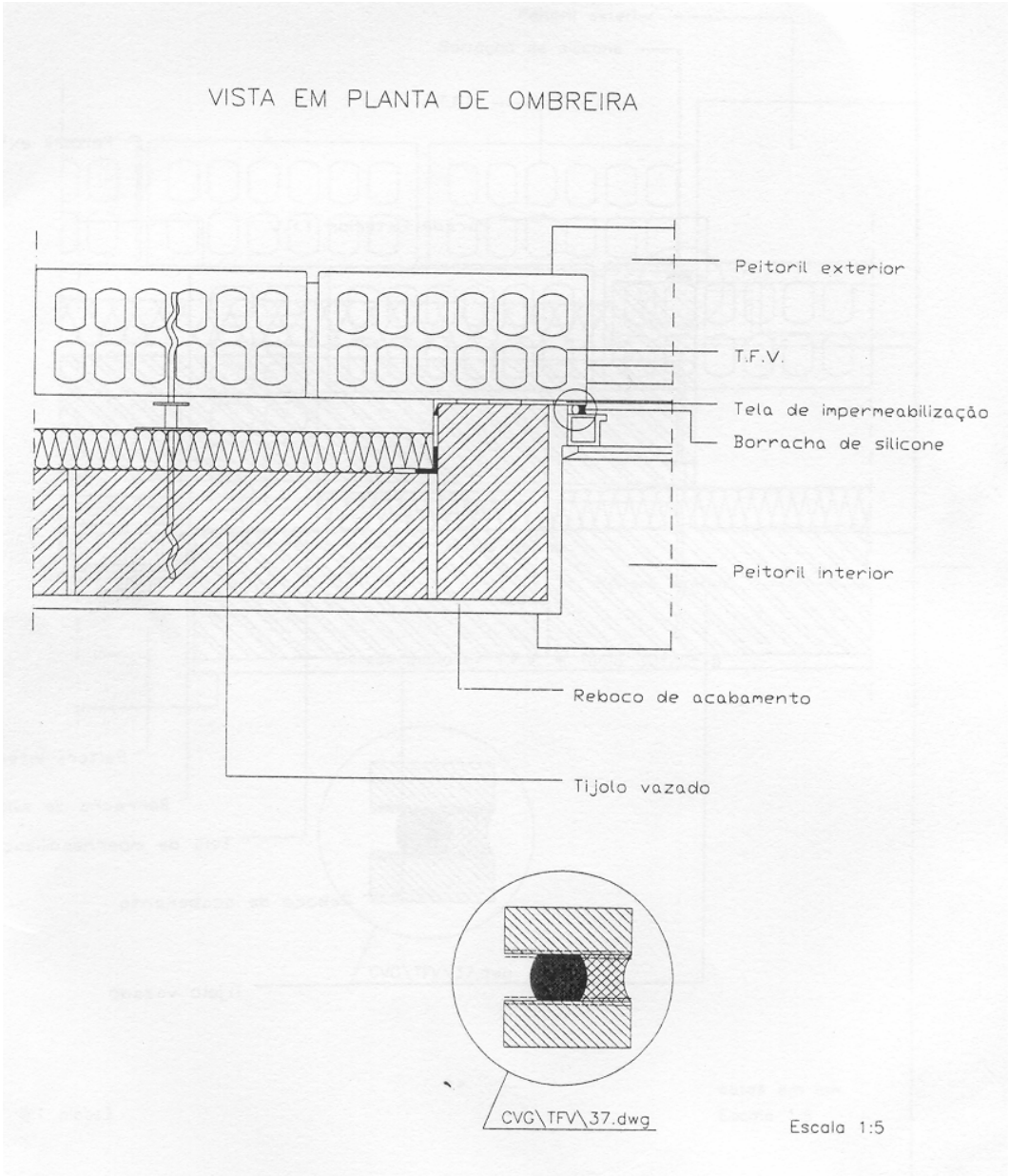

SOLUÇÃO COM DUPLO PEITORIL
Junta de Movimento
1/2 peça de T.F.V.
Poliuretano projectado
Grampo em aço inox
Reboco hidrófugo
Parede interior em tijolo
Reboco interior
Caixa de Ar
Tela de Impermeabilização
Rodapé
Junta vertical aberta
Meia Cana
Revestimento do piso

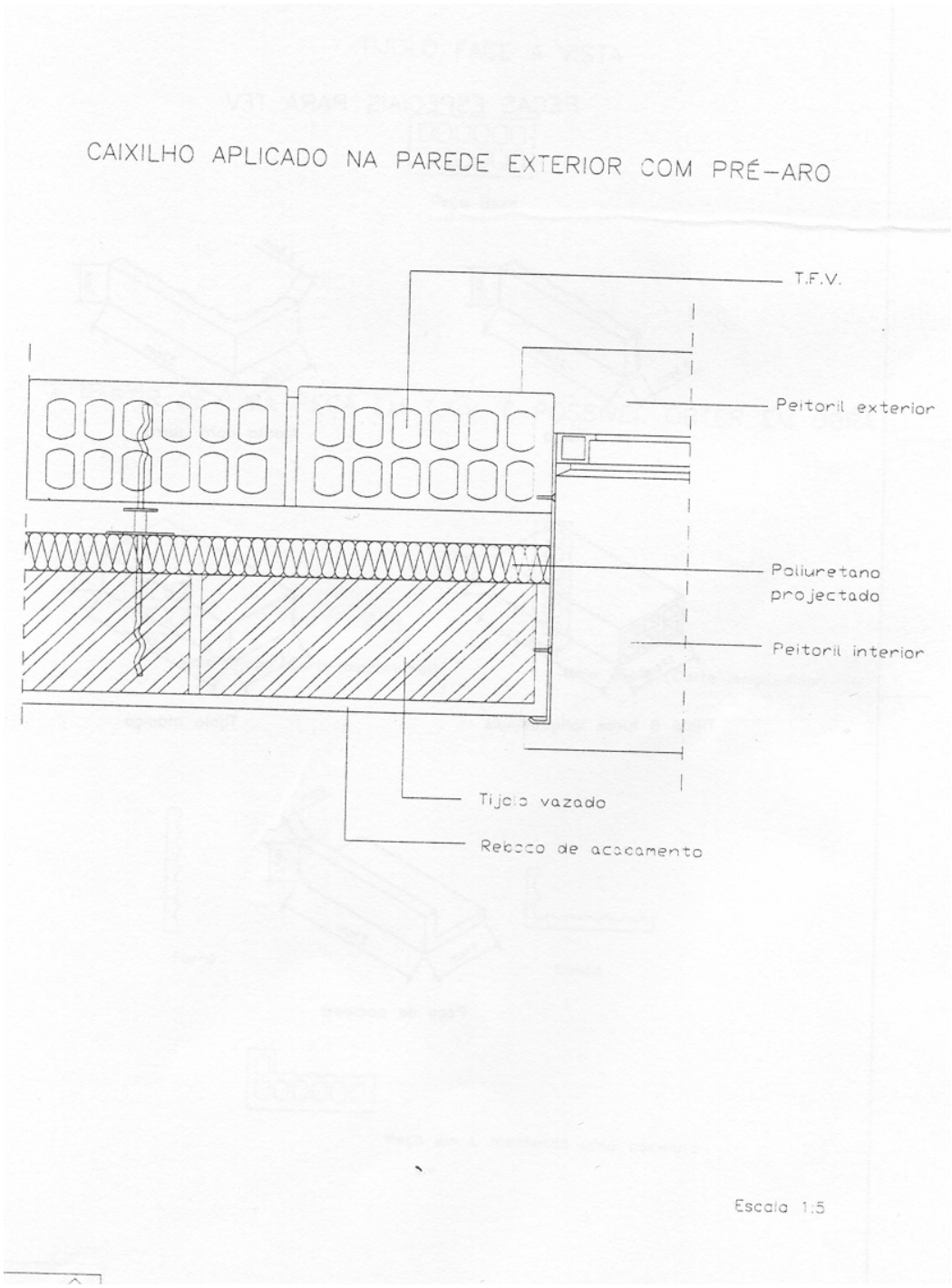
CAIXA DE ESTORE COM FORRAS E PEÇAS DE PADIEIRA

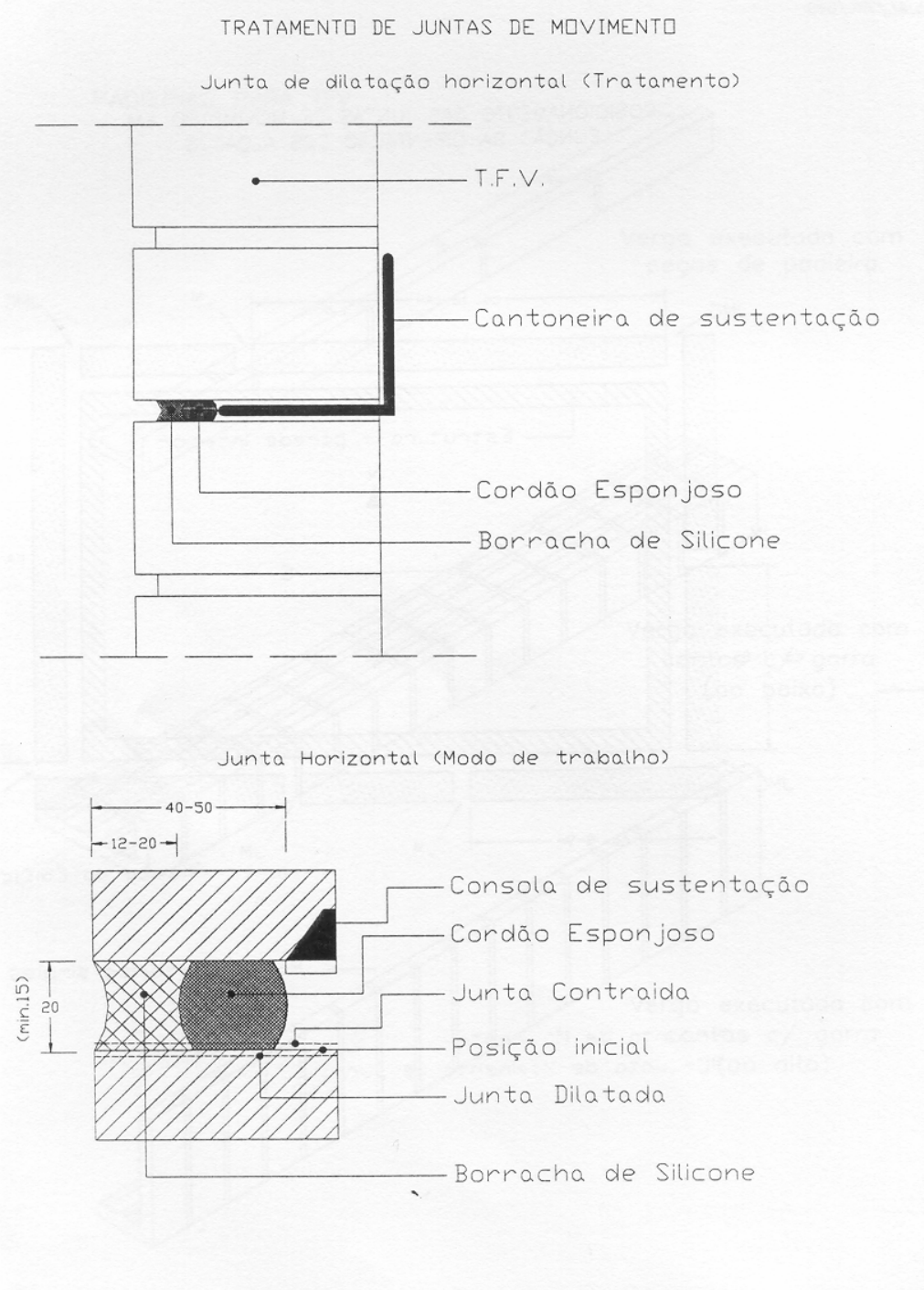


CAIXA DE ESTORE COM FORRAS E CANTOS AO ALTO



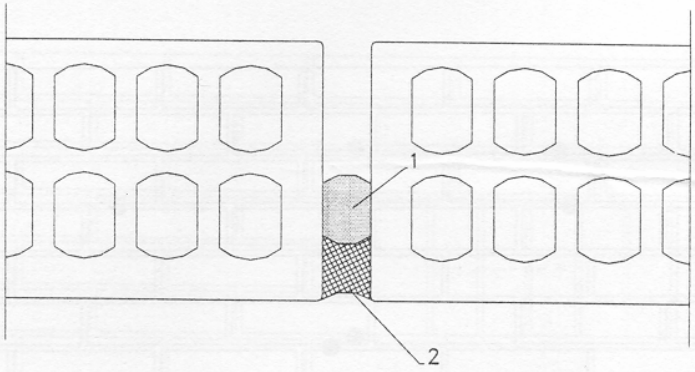

VISTA EM PLANTA DE OMBREIRA
Peitoril exterior
T.F.V.
Tela de impermeabilização
Borracha de silicone
Peitoril interior
Reboco de acabamento
Tijolo vazado
CVG\TFV\37.dwg
Escala 1:5


CAIXILHO APLICADO NA PAREDE EXTERIOR COM PRÉ-ARO
T.F.V.
Peitoril exterior
Poliuretano projectado
Peitoril interior
Tijolo vazado
Reboco de acabamento
Escala 1:5


TRATAMENTO DE JUNTAS DE MOVIMENTO
Junta de dilatação horizontal (Tratamento)
T.F.V.
Cantoneira de sustentação
Cordão Esponjoso
Borracha de Silicone
Junta Horizontal (Modo de trabalho)
40-50
12-20
(min.15)
20
Consola de sustentação
Cordão Esponjoso
Junta Contraida
Posição inicial
Junta Dilatada
Borracha de Silicone

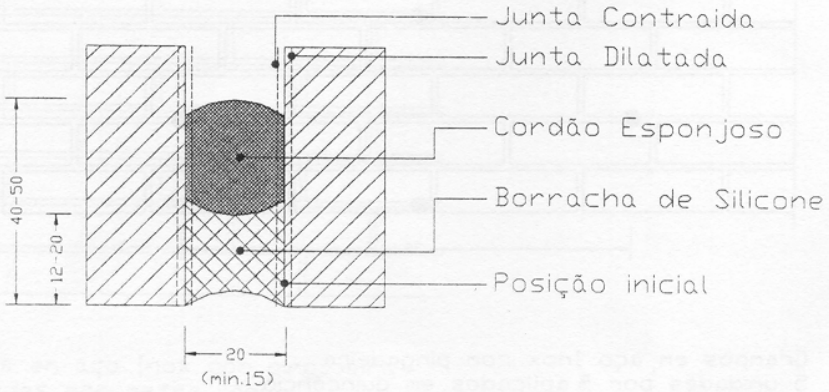
TRATAMENTO DE JUNTAS DE MOVIMENTO

Junta de dilatação vertical (Tratamento)



1- cordão de espuma polietilenica extrusionada
2- silicone à cor da argamassa

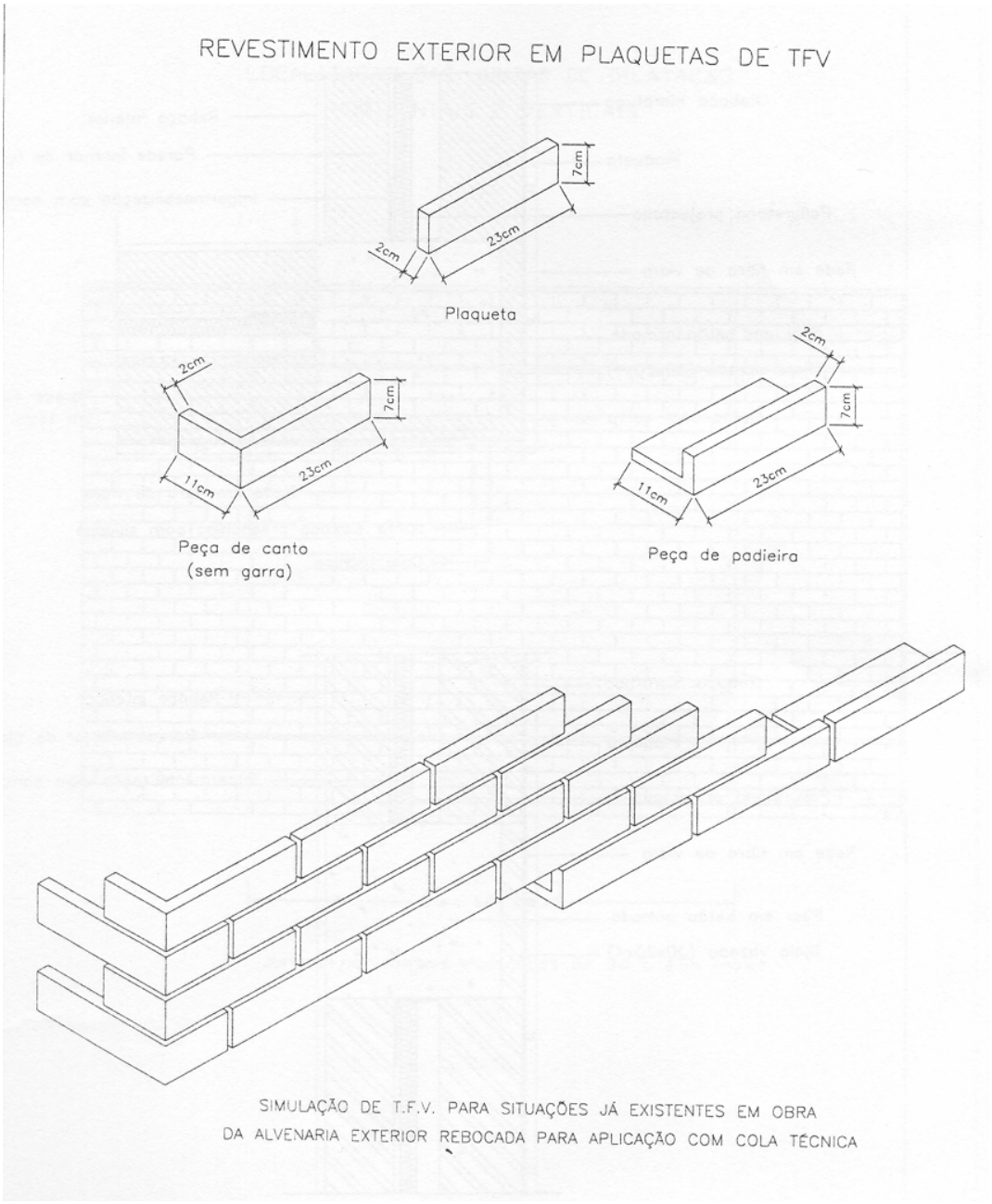
Junta vertical (Modo de trabalho)

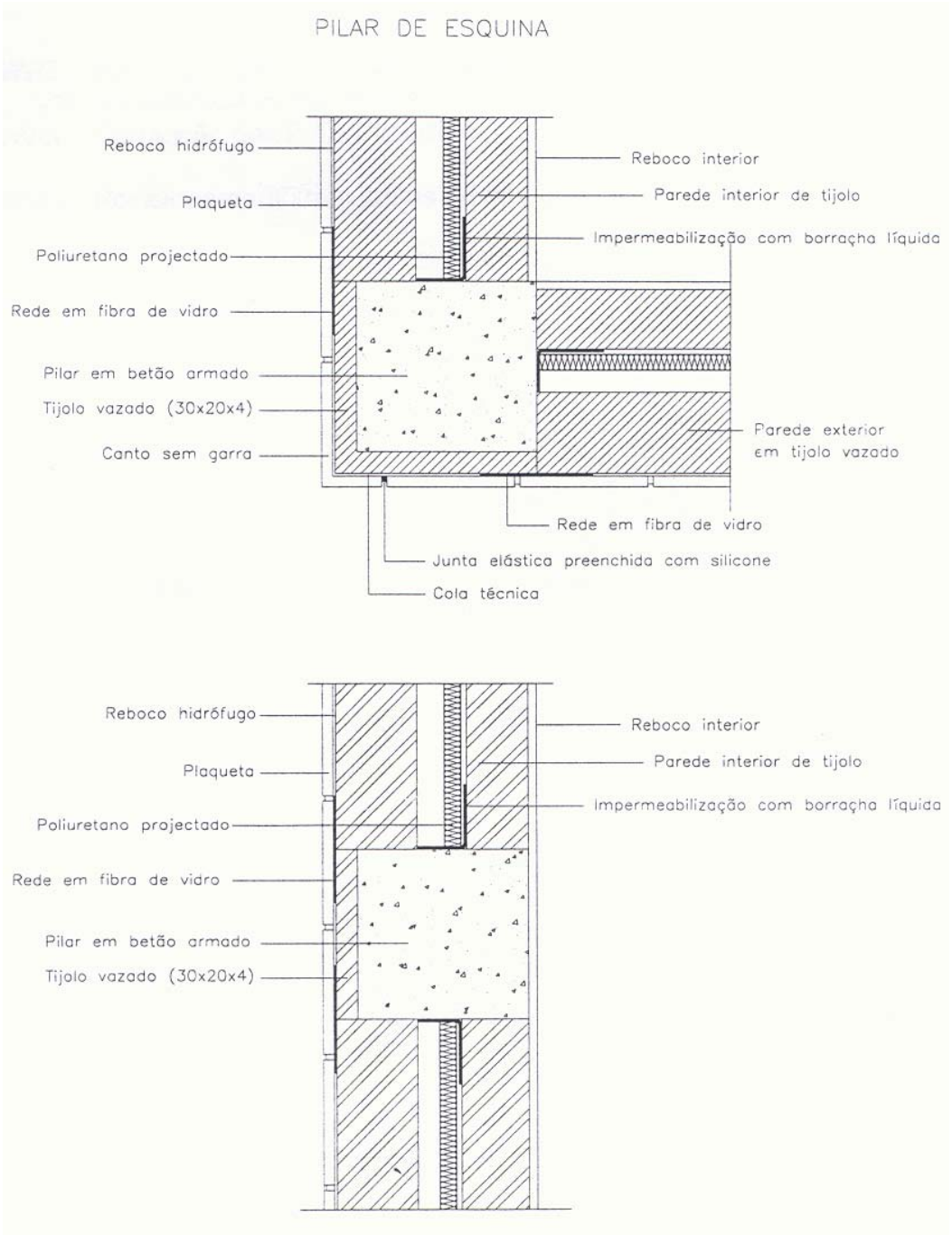


Relação dos desenhos de pormenores construtivos em Plaqueta de Tijolo

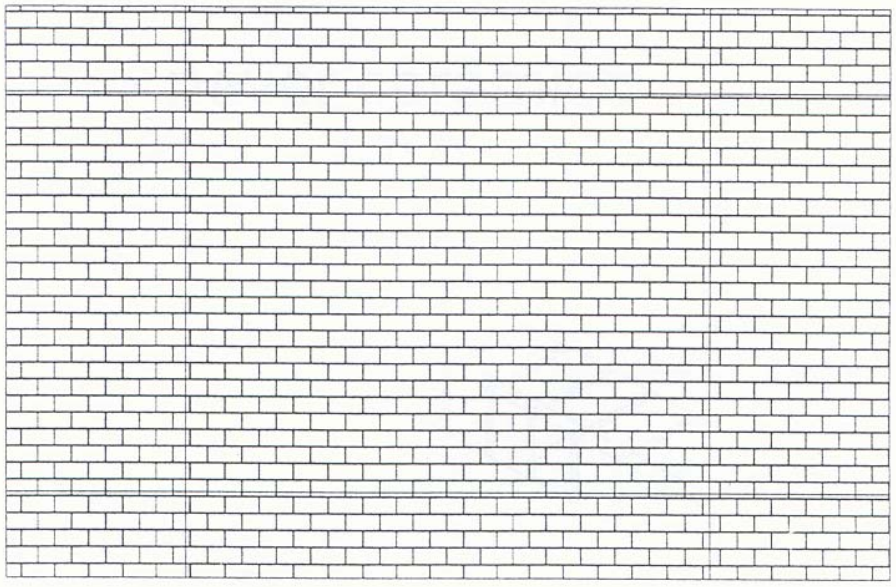
Desenhos **Pág.**

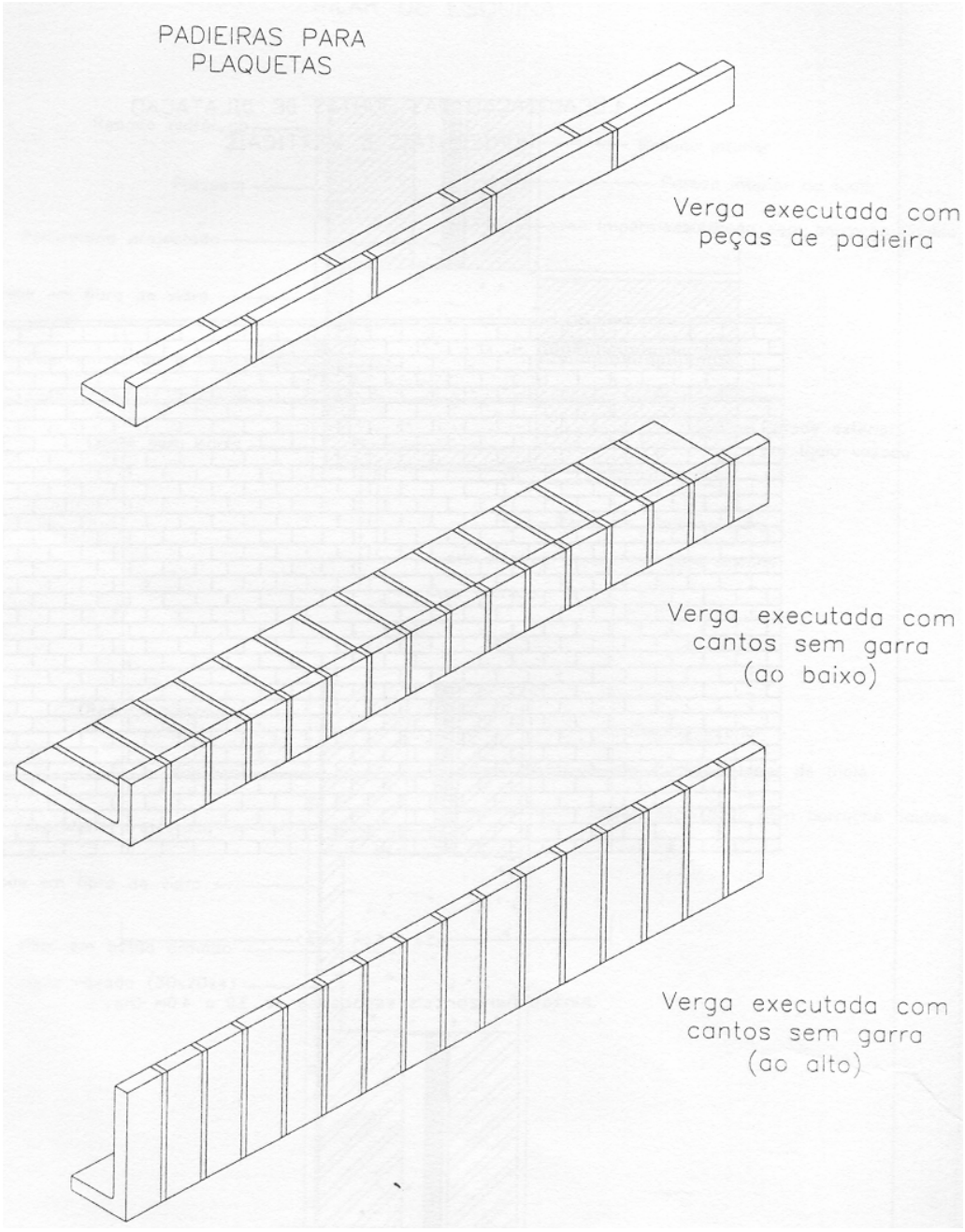
Plaqueta e peças acessórias ---------- 107
Correcção das P.T. Pilar de esquina e de passagem ---------- 108
Posicionamento das juntas de dilatação ---------- 109
Soluções para as padieiras (vergas) ---------- 110


REVESTIMENTO EXTERIOR EM PLAQUETAS DE TFV
7cm
2cm
23cm
Plaqueta
2cm
7cm
11cm
23cm
Peça de canto
(sem garra)
2cm
7cm
11cm
23cm
Peça de padieira
SIMULAÇÃO DE T.F.V. PARA SITUAÇÕES JÁ EXISTENTES EM OBRA
DA ALVENARIA EXTERIOR REBOCADA PARA APLICAÇÃO COM COLA TÉCNICA


PILAR DE ESQUINA
Reboco hidrófugo
Plaqueta
Poliuretano projectado
Rede em fibra de vidro
Pilar em betão armado
Tijolo vazado (30x20x4)
Canto sem garra
Reboco interior
Parede interior de tijolo
Impermeabilização com borracha líquida
Parede exterior em tijolo vazado
Rede em fibra de vidro
Junta elástica preenchida com silicone
Cola técnica
Reboco hidrófugo
Plaqueta
Poliuretano projectado
Rede em fibra de vidro
Pilar em betão armado
Tijolo vazado (30x20x4)
Reboco interior
Parede interior de tijolo
Impermeabilização com borracha líquida

LOCALIZAÇÃO DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO
HORIZONTAIS E VERTICAIS

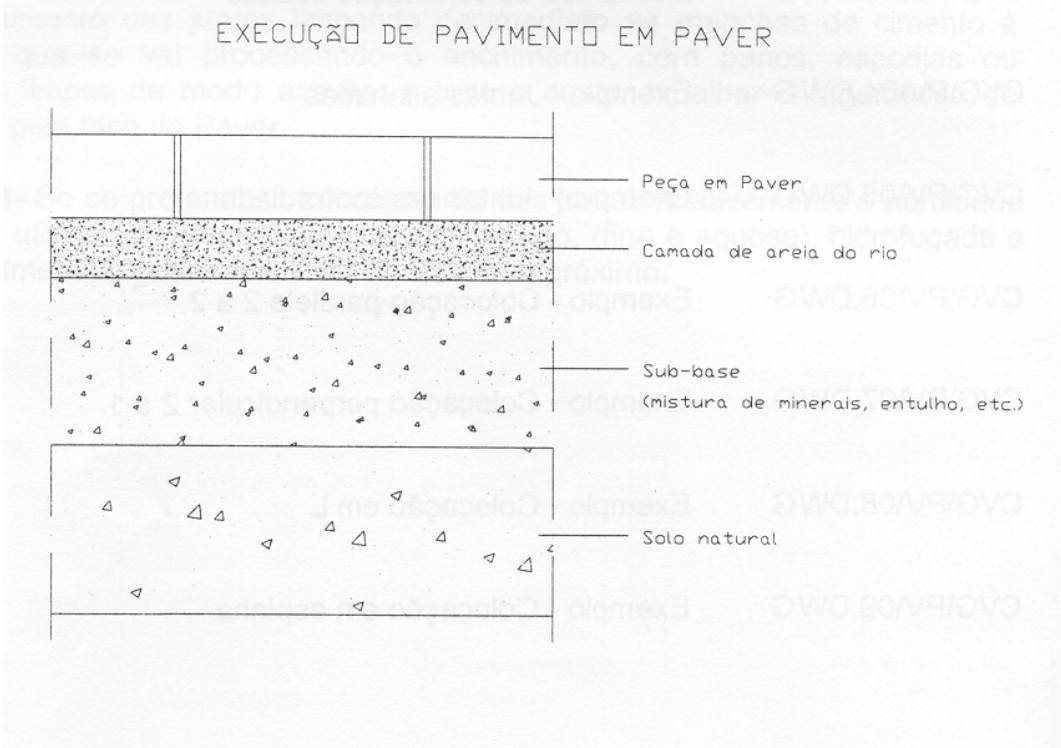


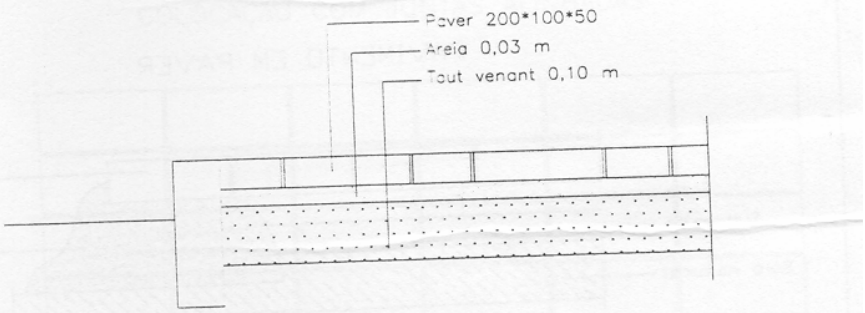

PADIEIRAS PARA
PLAQUETAS
Verga executada com
peças de padieira
Verga executada com
cantos sem garra
(ao baixo)
Verga executada com
cantos sem garra
(ao alto)

Relação dos desenhos de pormenores construtivos em Paver cerâmico

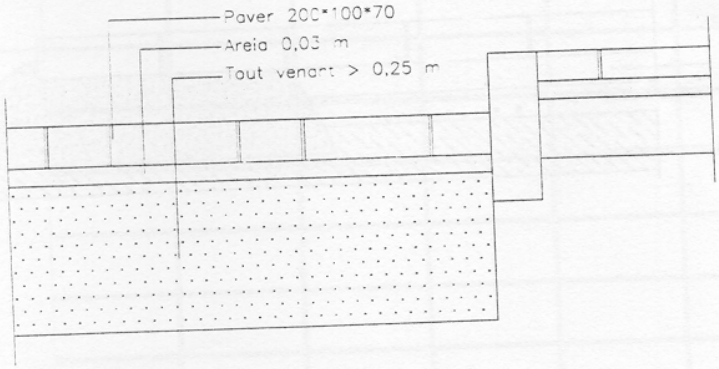
Desenhos **Pág.**

Execução do pavimento em Paver ----------112
Pavimentação ligeira de confinação ocultos ----------113
Elementos de confinação ocultos ---------- 114

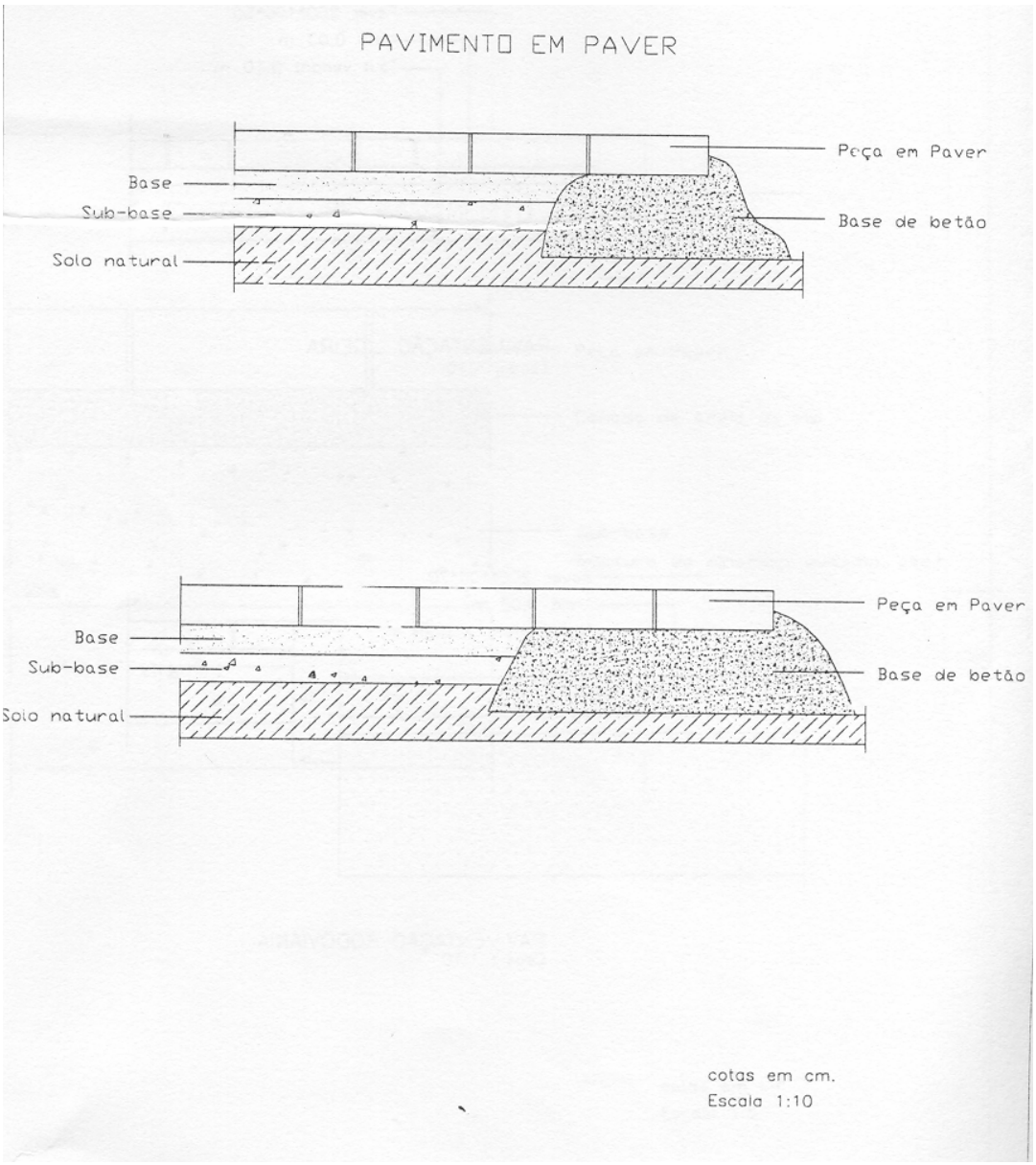

EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PAVER
Peça em Paver
Camada de areia do rio
Sub-base
(mistura de minerais, entulho, etc.)
Solo natural



PAVIMENTAÇÃO LIGEIRA
Escala 1:10



PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA
Escala 1:10


PAVIMENTO EM PAVER
Peça em Paver
Base
Sub-base
Base de betão
Solo natural
Peça em Paver
Base
Sub-base
Base de betão
Solo natural
cotas em cm.
Escala 1:10

BIBLIOGRAFIA

[1] Paulo B. Lourenço & Hipólito Sousa- "*Paredes de Alvenaria*", Porto,2002, Fundação ª Cupertino Miranda

[2] APICER/CTCV- "*Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos*", 2003, Associação Portuguesa de Industriais da Cerâmica,Coimbra.

[3] Celso F. Gomes, "*Argilas, o que são e para que servem*", Fundação Calouste Gulbenkian, 1986, Lisboa.

[4] Cerâmica Vale da Gândara,"*Manual Técnico de Tijolo de Face á Vista*", 2003, Mortágua.

[5] CEN pr. EN 14411- Ceramic Tiles- *" Definition, Classification, Characterístics And Marking* " (ISO 13006 : 1998, Modified : 2003, Bruxelles.

[6] José A. Carvalho Lucas, "*Anomalias em Revestimentos Cerâmicos Colados*", LNEC, 2001, Lisboa.

[7] José A. Carvalho Lucas, "*Azulejos ou Ladrilhos Cerâmicos*", LNEC, 2003, Lisboa.

[8] Richard. P. Goldberg, "*Direct Adhered Ceramic Tile, Stone And Thin Brick Facades Technical Manual*", Laticrete International, 1998, USA.

[9] César Díaz Gómez, "*Patologia de los Recubrimientos Cerâmicos*", VIII Congresso Mundial de la Calidad Del Azulejo y Del Pavimento Cerâmico, 2004, Castellón.

[10] Cesar M. C. Correia, "*Investigação de Patologias de Colagem de Revestimentos Cerâmicos e pedra Natural em Fachadas*", Universidade de Aveiro, 2003, Aveiro.

[11] Wong Chung Wan, "*Fallos En El Recubrimientos Cerâmicos*", VIII Congresso Mundial de la Calidad Del Azulejo y Del Pavimento Cerâmico, 2004, Castellón.

[12] APICER/CTCV/CENCAL.Portugal Cerâmica, disponível em http://www.apicer.pt/sobre/sobre ceramica page.asp. [consultado em 27/04/04].

[13] Materiais de Construção I, Documento de apoio nº3, Materiais Cerâmicos, Instituto Superior Técnico, 1999/2000.

[14] Materiais de Construção, Academia Militar, 1988.